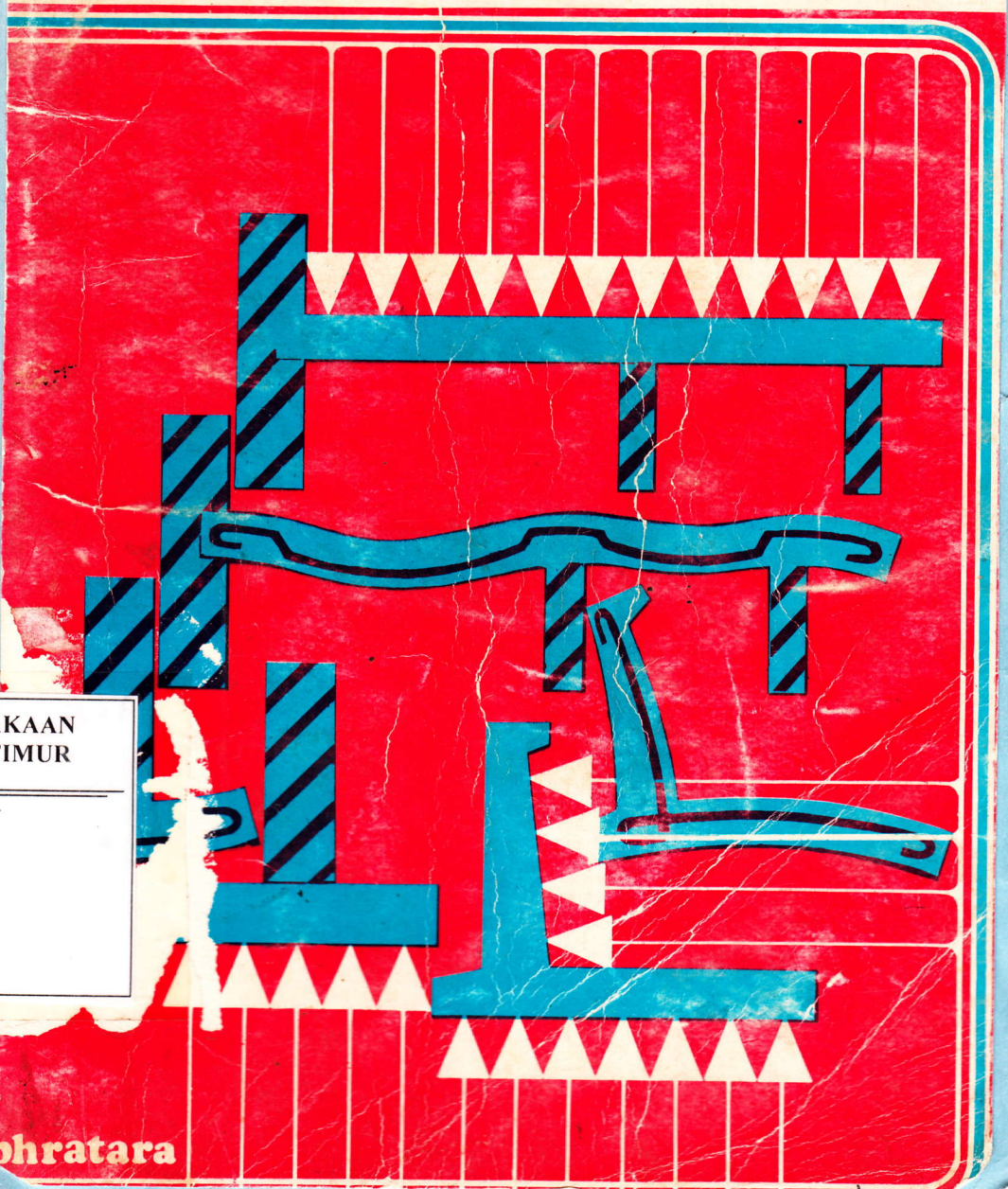
ILMU KONSTRUKSI UNTUK AHLI BANGUNAN DAN AHLI BANGUNAN AIR JILID 2



TAKAAN
TIMUR

bhratara

ILMU KONSTRUKSI UNTUK
AHLI BANGUNAN
DAN
AHLI BANGUNAN AIR
JILID 2

Oleh
Ir. I. W. Nortier
Ir. F. Vink

Judul Asli :
Constructieleer Voor Bouw – en Waterbouwkundigen

Penterjemah :
B. S. Anwir.

– 1980 –
BHRATARA KARYA AKSARA – JAKARTA

Proyek Pengembangan Perpustakaan
Jawa Timur
T. A. 1983 / 1984

38-970/r/pw/85

© Hak terjemahan dalam edisi Bahasa Indonesia 1980 dimiliki oleh Penerbit Bhratara Karya Aksara, Jakarta.

© 1973 Copyright Original Edition Stam Technische Boeken B.V., Educaboek B.V., Culemborg, The Netherlands.

PERPUSTAKAAN WILAYAH DEP. PDAN K
Jl. Walikota Mustajab. 68
SURABAYA

KATA PENGANTAR PENERBIT

Memenuhi ketentuan yang berlaku, isi buku ini baik segi ejaan bahasa maupun pembakuan istilahnya disesuaikan benar dengan ketentuan Ejaan Bahasa Indonesia yang Disempurnakan. Penyuntingan ke arah itu dilakukan oleh Dewan Redaksi, dan karena itu menjadi tanggung jawab sepenuhnya dari PT Bhratara Karya Aksara.

Jakarta, 3 Juni 1980.

ISI BUKU

III. **Beberapa sifat mekanis dan fisik konstruksi bangunan**

13 Pengertian umum dari statika pembangunan dan ilmu kekuatan 1

13.1 Gaya 1
13.2 Momen 4
13.3 Syarat keseimbangan 6
13.4 Momen lengkung, momen hambat dari penampang homogen 12
13.4.1. Momen lengkung 13
13.4.2. Momen lawan 20
13.5 Gaya lintang 24
13.5.1. Pengantar 24
13.5.2. Pengaruh gaya lintang terhadap ukuran gelagar 26
13.6 Kekakuan gelagar, momen lamban 34
13.7 Soal 38

14 Pengertian umum dari fisika bangunan 41

14.1 Isolasi kalor (isolasi termik) 41
14.2 Kondensasi 44
14.3 Penyerapan suara 45
14.4 Isolasi suara 45
14.5 Cahaya 49
14.6 Soal 50

15 Fondasi 51

15.1 Jenis fondasi 51
15.2 Fondasi diatas baja 51
15.3 Fondasi tiang beton bertulang 64
15.3.1. Umum 64
15.3.2. Ukuran dan daya dukung tiang berhubung dengan kekuatan 66

15.3.3. Daya dukung dan hambatan sondasi 67
15.3.4. Pengeraman 76
15.4 Ringkasan 78

16 Lantai, gelagar 82

16.1 Umum 82
16.2 Syarat kekakuan 84
16.2.1. Gelagar kayu 84
16.2.2. Gelagar baja 85
16.2.3. Gelagar beton bertulang 86
16.3 Sambungan 88
16.3.1. Sambungan engsel atau perletakan berengsel 89
16.3.2. Perletakan pakai rol 90
16.3.3. Penjepitan atau sambungan sudut yang kaku 92
16.3.4. Sambungan tak kaku 94
16.4 Lantai dan gelagar 98
16.4.1. Beban 98
16.4.2. Penampang 98
16.4.3. Pedoman sehari-hari 101
16.4.4. Balok beton bertulang dan pelat beton bertulang 105
16.4.5. Balok profil 113
16.5 Kejadian retak dan problema fisika bangunan 130
16.6 Ringkasan 134

17 Dinding, kolom, stabilitas, lubang dinding 136

17.1 Umum 136
17.1.1. Bangunan pejal 137
17.1.2. Bangunan kerangka 137
17.2 Stabilitas 137
17.3 Dinding yang mendukung 152
17.4 Dinding hadapan 159
17.4.1. Isolasi kalor 159
17.4.2. Akumulasi kalor 164
17.4.3. Kondensasi 165

17.5 Retak-retak dalam dinding 171
17.6 Membentang lubang dalam dinding 176
17.6.1. Konstruksi lengkung 176
17.6.2. Bentangan regang dan lapisan golong 187
17.6.3. Latai 188
17.6.4. Kesukaran fisik bangunan dan teknik pelaksanaan pada konstruksi latai 192
17.7 Kolom 196
17.7.1. Beban terpusat 196
17.7.2. Beban luar pusat 198

18 Atap 203

18.1 Beban dan konstruksi 203
18.2 Isolasi dari atap 205
18.2.1. Atap dasar 205
18.2.2. Bentuk atap yang lain 210

19 Pemberian bentuk Konstruktif 213

19.1 Umum 213
19.2 Contoh

20 Soal ulangan 230

III Beberapa sifat mekanis dan fisik konstruksi bangunan

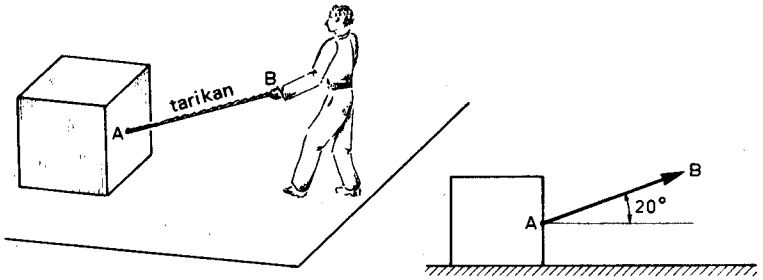
13 PENGERTIAN UMUM DARI STATIKA PEMBANGUNAN DAN ILMU KEKUATAN

13.1 *Gaya*

Suatu *gaya* (gambar 13 – 1) mempunyai :

- *ukuran besar* (yaitu AB);
- suatu *arah* (dari A ke B);
- suatu *titik tangkap.*

Suatu contoh dari gaya adalah *gaya berat,* lihat II–8: "massa dan bobot (informasi)".



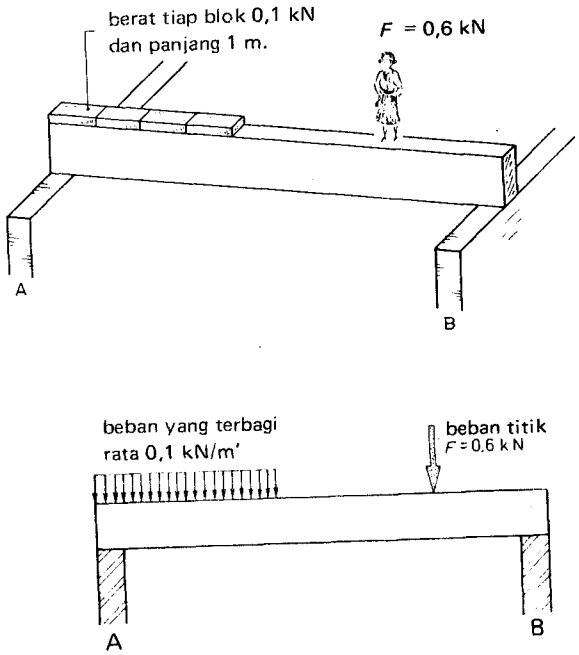
Ukuran besar gaya AB umpamanya :
20 kgf ≙ 0,2 kN (skala : 1 cm ≙ 0,1 kN)
Arah gaya dari A ke B, membuat sudut sebesar umpamanya 20° dengan arah horisontal. Titik tangkap dari gaya adalah titik A.

Gambar 13–1

Selanjutnya (gambar 13–2) :

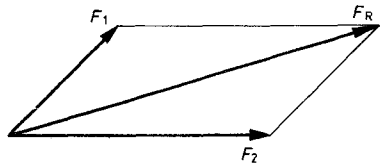
– *Beban* itu adalah gaya tiap satuan ukuran panjang atau suatu *beban* (pada suatu) *titik;*

– *Tegangan* itu adalah *gaya* pada satuan ukuran luas (lihat II).



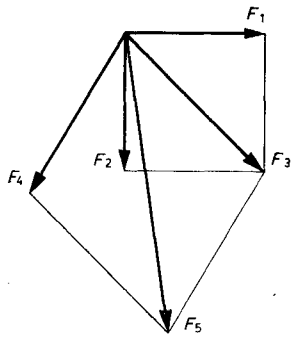
Gambar 13 –2

Dua buah gaya atau lebih dapat digantikan oleh satu gaya F_R, yaitu *resultan* (gambar 13–3)



① $F_1 + F_2 = F_R$

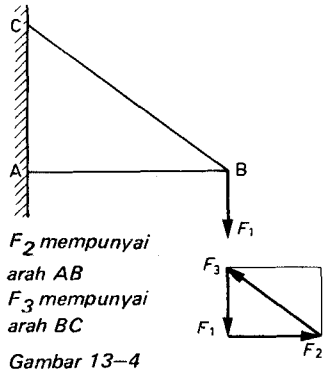
R adalah : "resultan"



② $F_1 + F_2 = F_3$
$F_3 + F_4 = F_5$
jadi
$F_1 + F_2 + F_4 = F_5$

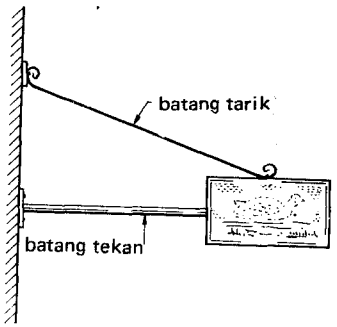
Gambar 13–3

Sebuah gaya F_1 dapat diurai dalam arah BA dan BC dengan pertolongan apa yang dinamakan "segitiga gaya" (gambar 13–4); ingatlah kepada sebuah papan nama (gambar 13–5).



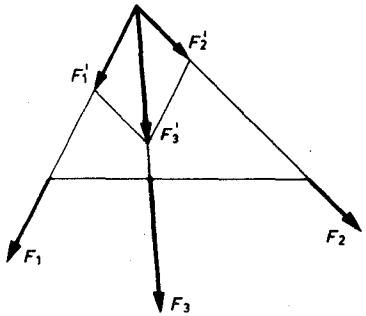
F_2 mempunyai arah AB
F_3 mempunyai arah BC

Gambar 13–4



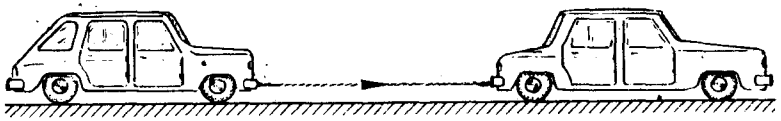
Gambar 13–5

Gaya dapat dipindahkan sepanjang *garis kerjanya* (gambar 13–6) ; lihat juga gambar 13–7. *Arah* dan *ukuran besarnya* tidak boleh ber - ubah.



$F_1 = F_1$, dan sebagainya

Gambar 13–6

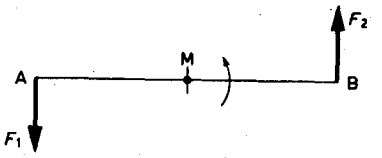


Ukuran panjang dan kabel seret tidak mempengaruhi arah dan ukuran besar gaya

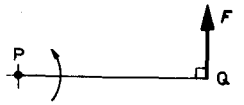
Gambar 13–7

13.2 Momen

Dua buah gaya sejajar yang bekerja berlawanan arah, membentuk sebuah *kopel* (gambar 13–8).

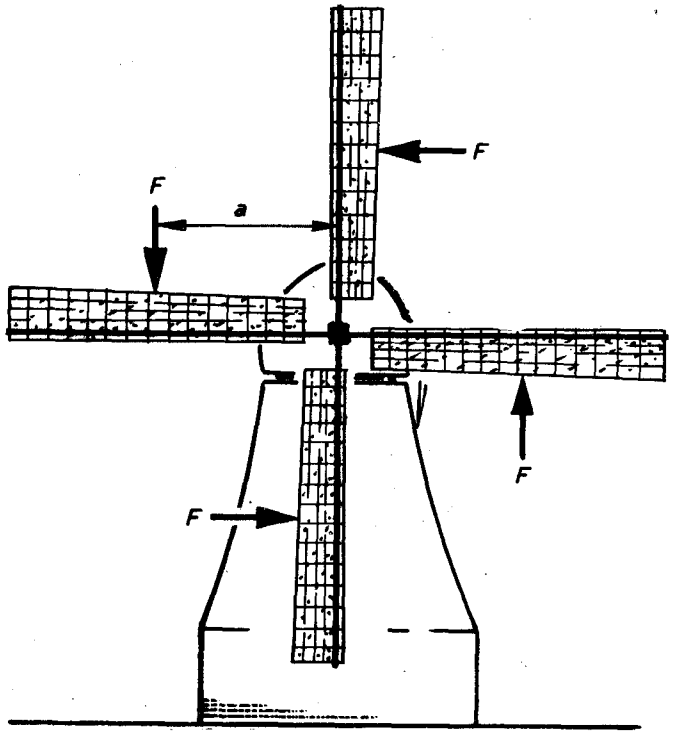


Gambar 13–8



Gambar 13–9

Gaya-gaya F_1 dan F_2 memutar sumbu AB pada titik M pada AB. *Momen* dari suatu gaya F terhadap titik P (gambar 13 – 9) adalah hasil perkalian dari ukuran besarnya dan jarak PQ (gaya x jarak); lihat juga gambar 13 – 10.



Momen dari poros kilang 4F . a

Gambar 13–10

13.3 Syarat keseimbangan

Suatu benda di mana berbagai gaya bekerja, hanya berada dalam keadaan diam (seimbang), bila dipenuhi *tiga persyaratan keseimbangan:*

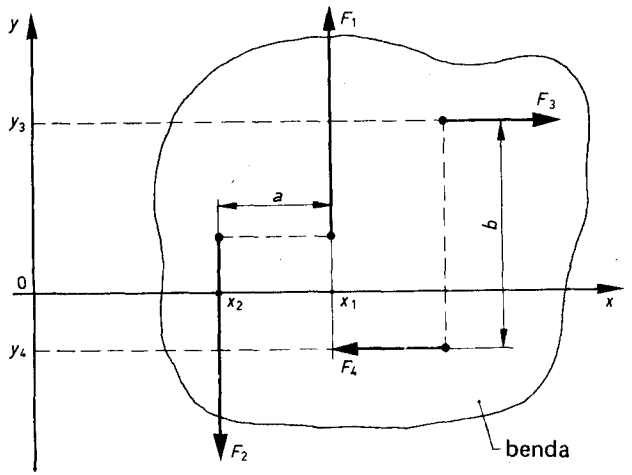
1 $\sum F_v = 0$, jumlah dari semua gaya vertikal = 0
2 $\sum F_h = 0$, jumlah dari semua gaya horisontal = 0
3 $\sum M = 0$, jumlah dari semua momen dari gaya terhadap tiap titik P sembarangan = 0

CONTOH 1

Lihatlah gambar 13–11.

Gaya dalam arah $y(\sum F_v = 0)$: $\uparrow F_1 + \downarrow F_2 = 0$

Gaya dalam arah $x(\sum F_h = 0)$: $\vec{F_3} + \overleftarrow{F_4} = 0$



Gambar 13–11

Momen dari gaya sekitar titik sembarang O :

$$F_1 \cdot x_1 - F_2 \cdot x_2 - F_3 \cdot y_3 - F_4 \cdot y_4 = 0$$

Gaya itu bekerja berlawanan arah, akan tetapi sama besar, jadi :

$$F_1 = F_2 \text{ en } F_3 = F_4$$

dan dengan : $F_1 \cdot x_1 - F_2 \cdot x_2 - F_3 \cdot y_3 - F_4 \cdot x_4 = 0$

terjadi : $F_1(x_1 - x_2) - F_3(y_3 + y_4) = 0$

dengan : $x_1 - x_2 = a$ dan $y_3 + y_4 = b$ menghasilkan :

$$F_1 \cdot a - F_3 \cdot b = 0$$

jadi : $F_1 = \frac{b}{a} F_3$

Dengan singkat diringkas: Benda yang dilukiskan berada dalam keadaan seimbang, jikalau:

1 $\sum F_v = 0$, dari mana ternyata : $\uparrow F_1 = \downarrow F_2$
2 $\sum F_h = 0$, dari mana ternyata : $\vec{F_3} = \overleftarrow{F_4}$
3 $\sum M = 0$, dari mana ternyata : $F_1 \cdot a = F_3 \cdot b$

atau (jabarlah sendiri) : $F_2 \cdot a = F_4 \cdot b$

Contoh yang pertama ini hanya benar, jikalau titik 0 dan gaya F_1, F_2, F_3, dan F_4 terletak dalam satu bidang datar.

CONTOH 2

Diketahui :

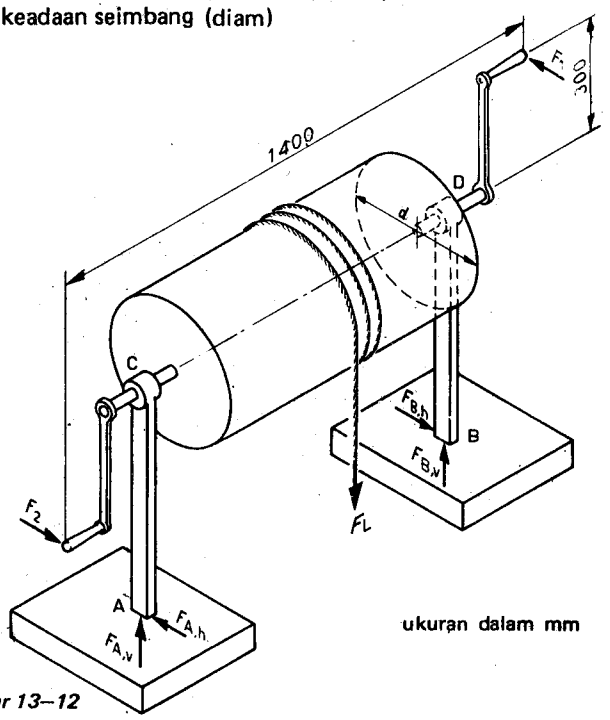
Sebuah lir, dipasang dengan teguh di atas dua buah blok beton gambar 13-12). Beban F_L tergantung di tengah antara kaki A dan B. Beban F_L = 2 kN (200 kgf). Jarak AB sama dengan 1 000 mm. Garis tengah silinder adalah d = 400 mm.

Jarak antara titik tangkap dari F_1 dan F_2 sampai ke sumbu lir sama dengan 300 mm. Dari gaya F_1 dan F_2 diumpamakan bahwa kedua gaya itu sama besar dan berlawanan arah.

Dalam titik A dan B, bekerja gaya vertikal ($F_{A,v}$ dan $F_{B,v}$) *dan* gaya-gaya horisontal ($F_{A,h}$ dan $F_{B,h}$).

Ditanyakan :

Berapa besarnya $F_{A,v}$, $F_{A,h}$, $F_{B,v}$ dan $F_{B,h}$ jikalau lir berada dalam keadaan seimbang (diam)



ukuran dalam mm

Gambar 13–12

Jawaban :

Jumlah momen terhadap sumbu lir adalah $\sum M = 0$, jadi (gambar 13–13) :

$$F_1 \cdot 300 \text{ mm} + F_2 \cdot 300 \text{ mm} = F_L \cdot 200 \text{ mm}$$

$$F_1 = F_2 \text{ dan } F_L = 2 \text{ kN, jadi : } 2F_1 \cdot 300 \text{ mm} = 400 \text{ kN} \cdot \text{mm}$$

$$\text{dan } F_1 = \frac{400 \text{ kN} \cdot \text{mm}}{600 \text{ mm}} = 0{,}67 \text{ kN} = F_2$$

Terhadap tubuh lir berlaku (gambar 13–14) :

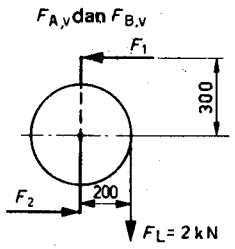
1 $\sum F_v = 0$, jadi: $F_{A,v} + F_{B,v} = F_L = 2$ kN (1)

2 $\sum M$ terhadap C $= 0$, jadi :

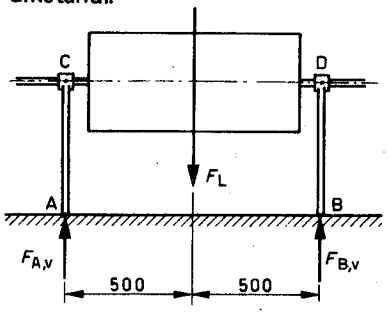
$$F_{B,v} \cdot 1\,000 \text{ mm} = F_L \cdot 500 \text{ mm} \quad (2)$$

Dari 1 dan 2 ternyata : $F_{B,v} = F_{A,v} = \frac{1}{2}F_L = 1$ kN

Sekarang semua gaya vertikal telah diketahui.



Gambar 13–13



Gambar 13–14

Untuk tampan atas dari lir berlaku (gambar 13–15) :

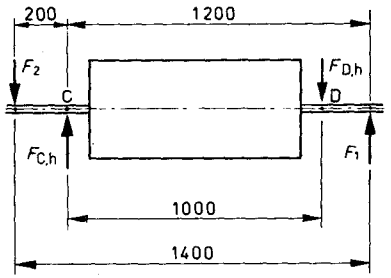
ΣM terhadap C = 0, jadi : $F_2 \cdot 200\ \text{mm} + F_1 \cdot 1\,200\ \text{mm} = F_{D,h} \cdot 1\,000\ \text{mm}$

jadi : $0{,}67\ \text{kN} \cdot 200\ \text{mm} + 0{,}67\ \text{kN} \cdot 1\,200\ \text{mm} = F_{D,h} \cdot 1\,000\ \text{mm}$

dan $F_{D,h} = \dfrac{0{,}67\ \text{kN} \cdot 1\,400\ \text{mm}}{1\,000\ \text{mm}} = 0{,}93\ \text{kN}$

Selanjutnya berlaku : $\sum F_h = 0$, jadi $F_1 - F_2 - F_{D,h} + F_{C,h} = 0$

jadi : $F_{C,h} = 0{,}93\ \text{kN} + 0{,}67\ \text{kN} - 0{,}67\ \text{kN} = 0{,}93\ \text{kN}$



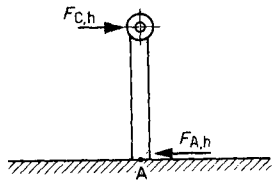
Gambar 13–15

Akhirnya untuk tiang AC berlaku (gambar 13–16) :

$$\sum F_h = 0, \text{jadi} : F_{C,h} = F_{A,h} = 0{,}93\ \text{kN}$$

dan juga : $\overleftarrow{F_{D,h}} = \overrightarrow{F_{B,h}} = 0{,}93\ \text{kN}$

Dengan demikian telah ditentukan gaya yang ditanyakan. Akan tetapi, dalam tiang AC dan BD masih terdapat momen. Ambillah umpamanya AC = BD = 500 mm.



Gambar 13–16

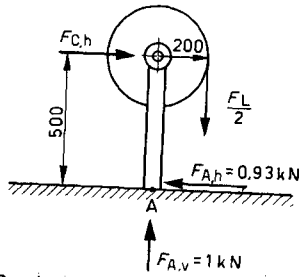
Dalam penampang tiang pada A, bekerja sebuah momen (gambar 13–17) :

$$M_A = \frac{F_L}{2} \cdot 200\ \text{mm} + F_{C,h} \cdot 500\ \text{mm}$$

$$= 1\ \text{kN} \cdot 200\ \text{mm} + 0{,}93\ \text{kN} \cdot 500\ \text{mm}$$

$$= 665\ \text{kN} \cdot \text{mm} = 0{,}665\ \text{kN} \cdot \text{m}$$

Dalam tiang BD bekerja $F_{D,h}$ dan $F_{B,h}$ berlawanan terhadap masing-masing $F_{C,h}$ dan $F_{A,h}$

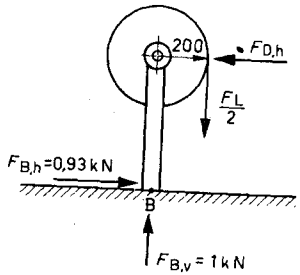


Gambar 13–17

Dalam penampang B bekerja sebuah momen (gambar 13–18) :

$$M_B = -\frac{F_L}{2} \cdot 200\ \text{mm} + F_{D,h} \cdot 500\ \text{mm}$$

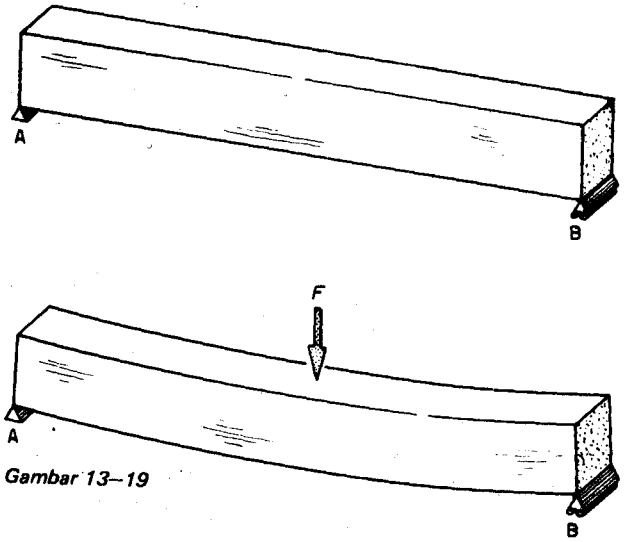
$$= 265\ \text{kN} \cdot \text{mm} = 0{,}265\ \text{kN} \cdot \text{m}$$



Gambar 13–18

13.4 Momen lengkung; momen hambat dari penampang homogen

Konstruksi bentangan yang tertua adalah gelagar di atas dua buah titik tumpuan (gambar 13–19).
Persoalan yang terpenting ialah, pelengkungan gelagar pada pembebanan.



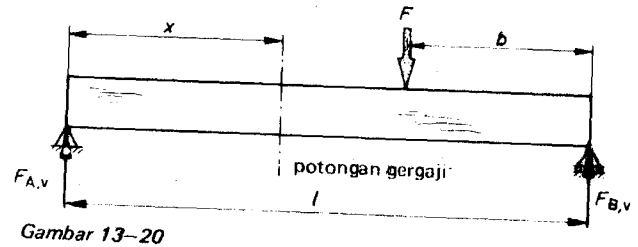
Gambar 13–19

Mekanisma pelengkungan paling mudah dapat dimengerti, bila kita menggergaji serat balok pada suatu tempat sembarangan. Dari mekanika kita sekarang telah mengetahui (gambar 13–20) :
kanika kita sekarang telah mengetahui (gambar 13–20) :

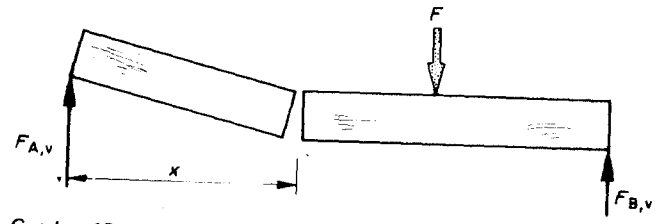
$$F = F_{A,v} + F_{B,v}$$
$$(\sum F_v = 0)$$

dan $(F_{A,v} \cdot l = F \cdot b)$
$(\sum M = 0$ terhadap B).

Jadi reaksi perletakan tergantung dari beban. Dengan demikian, bagian yang sebelah kiri potongan akan memperoleh bentuk dari gambar 13–21, terhadap bagian yang sebelah kanan.



Gambar 13–20

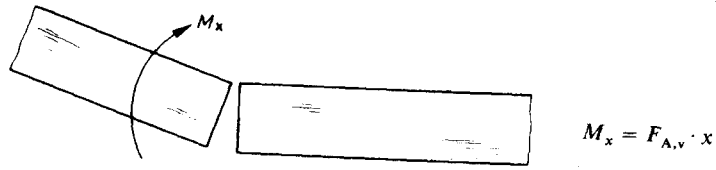


Gambar 13–21

13.4.1 Momen lengkung (= lentur)

Jadi potongan akan merekah pada sisi sebelah bawah. Keadaan ini disebabkan oleh apa yang dinamakan *momen lengkung* M_x (gambar 13–22) :

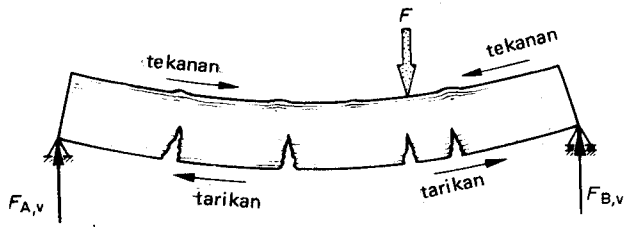
$$M_x = F_{A,v} \cdot x$$



Gambar 13–22

Waktu potongan itu belum ada, konstruksinya masih sempurna. Jadi serat ini waktu itu masih dapat melawan momen lengkung M_x. Makin besar F dalam gambar 13–23, makin besar pula jadinya $F_{A,v}$ dan makin besar jadinya M_x. Kemungkinan terjadinya "retak" atau "menganga" akan menjadi lebih besar, walaupun kita tidak membuat potongan.
Apabila terjadi keadaan seperti dalam gambar 13–23, maka tidak terdapat cukup "serat" untuk dapat melawan M.

Jadi M adalah suatu indikasi yang penting untuk kekuatan dari konstruksi yang mendapat beban lengkung.



Gambar 13–23

Resep untuk penentuan M

a Tentukanlah reaksi perletakan dari rumus mekanik :

$$\sum F_h = 0 ; \sum F_v = 0 ; \sum M = 0$$

b Buatlah potongan, di tempat di mana kita ingin mengetahui M.

c Hitunglah momen dari semua gaya, di sebelah kiri potongan terhadap titik berat dari potongan (ingatlah di sini kepada arah putaran);

d Jumlah secara aljabar dari momen M yang telah ditentukan dalam C, adalah momen lengkung yang dicari pada tempat potongan.

Garis momen (garis M)

Untuk keadaan beban yang sangat banyak dijumpai, diberikan grafik-grafik dalam vademekum dan buku saku, yang menunjukkan ukuran besar M pada tiap sembarang tempat dalam konstruksi.

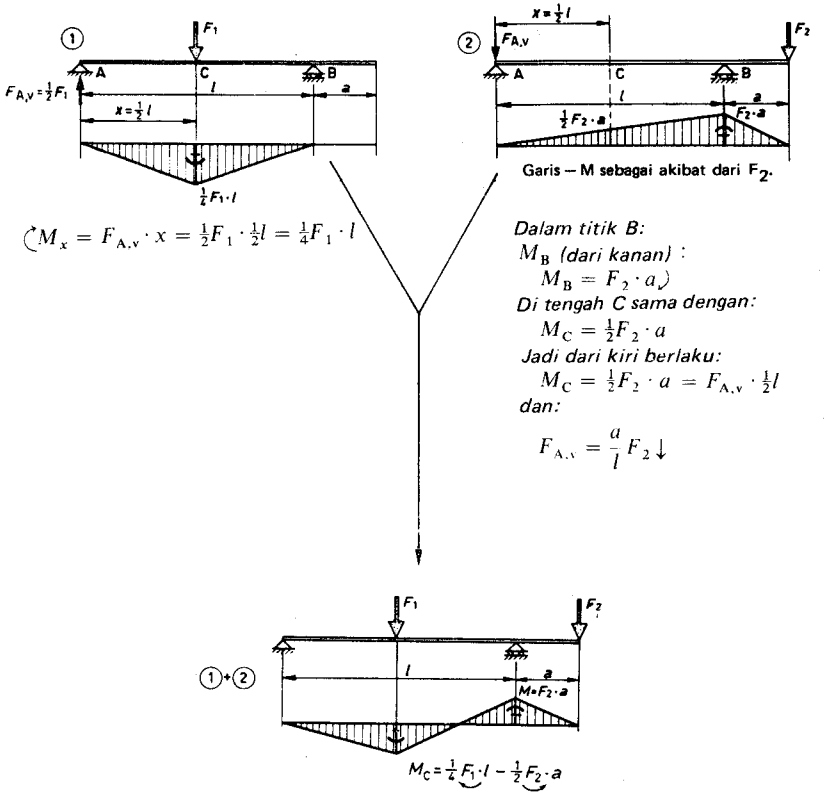
Grafik ini, dinamakan garis-garis M dan dihitung menurut resep yang diberikan untuk keperluan tersebut.

a. Super-posisi (penjumlahan secara aljabar)

Lihatlah gambar 13–24.

Penjelasan :

Garis-garis M dapat dijumlahkan satu sama lain (superponasi).



Garis – M sebagai akibat dari F_2.

$M_x = F_{A,v} \cdot x = \frac{1}{2}F_1 \cdot \frac{1}{2}l = \frac{1}{4}F_1 \cdot l$

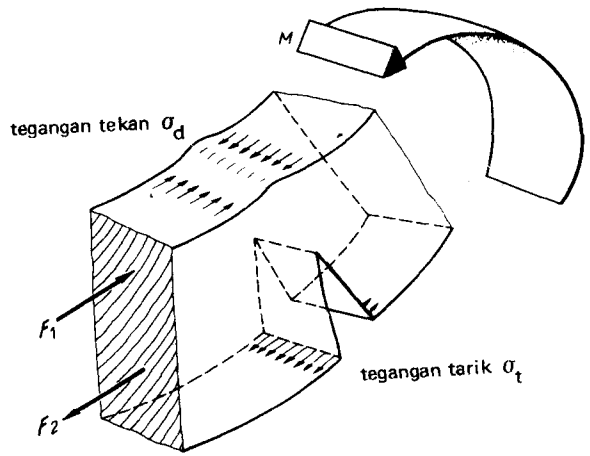
Dalam titik B:
M_B *(dari kanan)* :
$M_B = F_2 \cdot a$
Di tengah C sama dengan:
$M_C = \frac{1}{2}F_2 \cdot a$
Jadi dari kiri berlaku:
$M_C = \frac{1}{2}F_2 \cdot a = F_{A,v} \cdot \frac{1}{2}l$
dan:
$F_{A,v} = \frac{a}{l}F_2 \downarrow$

Garis M sebagai akibat dari F_1 dan F_2.

Gambar 13–24

b Tegangan sebagai akibat dari M

Sebagai akibat dari M, terjadi tegangan-tekan σ_d dalam seperdua bagian atas dari balok dan tegangan-tarik σ_t dalam seperdua balok bagian bawah (gambar 13–25). Sekarang harus dijaga supaya tegangan yang dibangkitkan oleh M, selalu berada di bawah tegangan yang diizinkan. Jadi sekarang pertanyaannya adalah : Berapakah besarnya tegangan sebagai akibat dari M tertentu ?



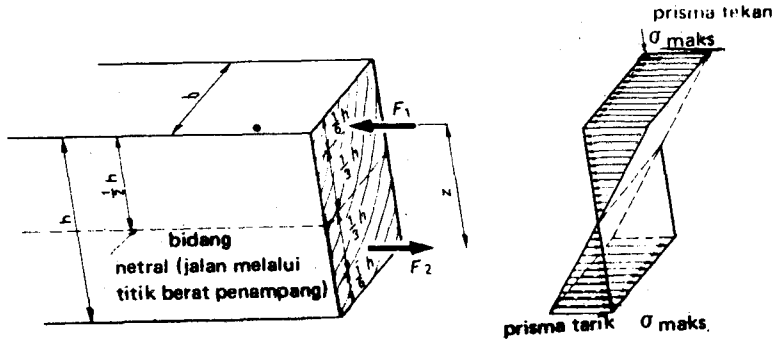
Gambar 13–25

c Penampang segi panjang yang homogen

Suatu balok yang homogen, seluruhnya terdiri dari bahan yang sama (kayu, baja dan sebagainya), yaitu kebali kannya dengan balok yang tidak homogen (umpamanya sebuah balok beton bertulang), yang tersusun dari beton dan baja (III – 16.4.4).

Untuk balok homogen dengan penampang segi panjang yang banyak dijumpai, timbul pertanyaan, berapakah besarnya tegangan sebagai akibat dari M yang ditentukan. Dapat diumpamakan, bahwa tegangan dalam "lapisan serat" sebelah luar adalah maksimum dan di tengah-tengah balok sama dengan nol (bidang netral). Lihatlah gambar 13–26.

PERPUSTAKAAN WILAYAH DEP. P.D.N.K.
Jl. Walikota Mustajab. 68
SURABAYA



Gambar 13–26

Tegangan tekan secara bergabung membentuk suatu gaya tekan F_1; demikian juga semua tegangan tarik membentuk suatu gaya tarik F_2. Lengan dari tuas dalam adalah Z; selama kopel yang dihasilkan oleh F_1 dan F_2 sama besar dengan momen lengkung M, jadi :

$$M = F_1 \cdot z \qquad (1)$$

momen M dapat diterima dan balok tidak patah. Gaya F_1 dan F_2 menangkap dalam titik-berat masing-masing dari prisma tekan dan prisma tarik, jadi masing-masing pada *1/6 h* dari bagian atas dan bagian bawah, sehingga :

$$z = \tfrac{2}{3}h \qquad (2)$$

Hitunglah sendiri (2) !

Gaya F_1 (atau F_2) maksimum yang dapat dihasilkan ialah :

F_1 = tegangan rata-rata X luas

$F_1 = \tfrac{1}{2}\,\sigma_{maks} . \tfrac{1}{2}\,h.b = \tfrac{1}{4}\,\sigma_{maks} . h.b$

$F_1 = \tfrac{1}{4}\,\sigma_{maks} . h.b \qquad (3)$

Bila (2) dan (3) disubsitusikan ke dalam (1), maka diperoleh :

$M = \tfrac{1}{4}\,\sigma_{maks} . h.b . 2/3\ h = \sigma_{maks} . 2/12 . b.h^3$ atau

$$\sigma_{maks} = \frac{M}{1/6 b.h^2}$$

Proyek Pengembangan Perpustakaan
Jawa Timur
T. A. 1983 / 1984

Di sini:

σ maks = tegangan lengkung maksimum dalam N/mm^2 (kgf/cm), yang disebabkan oleh M;

M = momen lengkung dalam N.mm (kgf.cm);

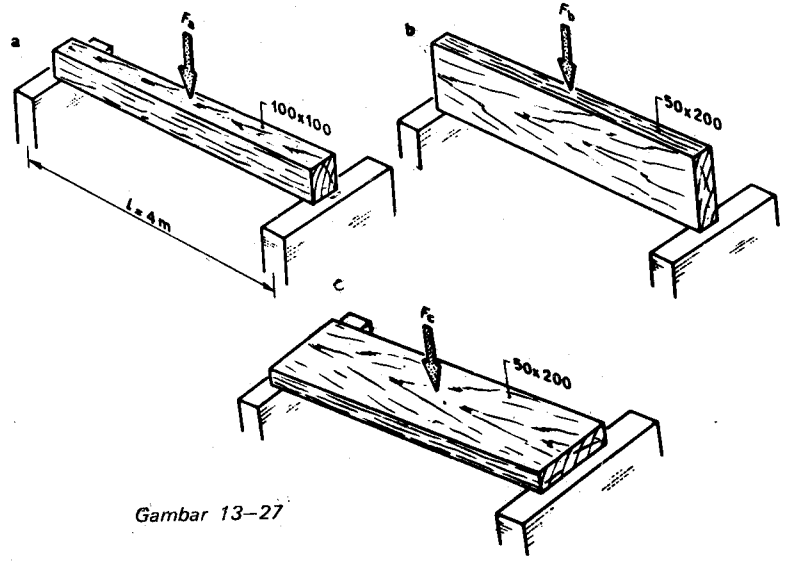
b dan h = ukuran balok dalam mm.

Jadi tegangan tarik atau tegangan-tekan maksimum yang terjadi, tergantung dari M dan dari ukuran h dan b. Ukuran h ternyata mempunyai pengaruh yang paling besar, karena suhu ini terdapat dalam pangkat dua. Dapat juga dikatakan: h yang besar menghasilkan lengan tuas dalam z yang besar, jadi suatu daya yang besar untuk menahan momen lengkung.
Kita pilih h = 2 . . . 4b.

CONTOH

Diketahui :

Balok dari kayu api a, b, dan c dalam gambar 13–27 dengan pemakaian bahan *yang sama besar.*



Gambar 13–27

Ditanyakan :

Beban $\bar{F}$ yang diizinkan berhubung dengan momen lengkung.

Jawaban :

Untuk a, b, dan c berlaku bagan-bagan dari gambar 13–28.

Keadaan a :

$$\sigma_{\text{maks}} = \frac{M}{\frac{1}{6} b \cdot h^2} \leqq \bar{\sigma}_b$$

$$= \frac{F_a \cdot 1\,000 \text{ mm}}{\frac{1}{6} \cdot 100 \text{ mm} \cdot (100 \text{ mm})^2} \leqq 7 \text{ N/mm}^2$$

$$\bar{F}_a = 1\,160 \text{ N}$$

Keadaan b :

$$\sigma_{\text{maks}} = \frac{M}{\frac{1}{6} b \cdot h^2} \leqq \bar{\sigma}_b$$

$$= \frac{F_b \cdot 1\,000 \text{ mm}}{\frac{1}{6} \cdot 50 \text{ mm} \cdot (200 \text{ mm})^2} \leqq 7 \text{ N/mm}^2$$

$$\bar{F}_b = 2\,330 \text{ N}$$

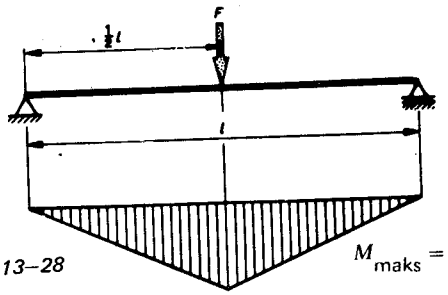
Keadaan c :

$$\sigma_{\text{maks}} = \frac{M}{\frac{1}{6} b \cdot h^2} \leqq \bar{\sigma}_b$$

$$= \frac{F_c \cdot 1\,000 \text{ mm}}{\frac{1}{6} \cdot 200 \text{ mm} \cdot (50 \text{ mm})^2} \leqq 7 \text{ N/mm}^2$$

$$\bar{F}_c = 580 \text{ N}$$

Dengan jumlah kayu yang sama banyak namun ukuran berbeda-beda, kita memperoleh daya dukung yang berbeda-beda juga.



Gambar 13–28

$M_{maks} = \frac{1}{4}F \cdot l = F \cdot 1000\ mm$

13.4.2 *Momen lawan (= weerstandsmoment)*

Suku 1/6 $b.h^2$ menunjukkan ukuran dari perlawanan yang diberikan oleh balok terhadap momen lengkung dan dinamakan momen lawan *W*. Untuk balok homogen pada umumnya berlaku:

$$\sigma_{maks} = \frac{M}{W}$$

Di sini:

σ_{maks} = tegangan lengkung maksimum dalam N/mm^2 (kgf/mm^2);

M = momen lengkung dalam N.mm (kgf.mm);

W = momen lawan dalam mm^3, tergantung dari ukuran dan bentuk dari penampang balok.

CONTOH

Untuk balok homogen dalam gambar 13–29 ditanyakan:

a. tegangan lengkung maksimum yang terjadi;

b. tempat di mana tegangan lengkung itu terjadi (bobot diri diabaikan).

Jawaban:

Lukiskan dan hitunglah dahulu garis momen sebagai akibat dari gaya F_1 (gambar 13–30).

Momen lawan W_1 pada beban F_1 adalah :

$$W_1 = \tfrac{1}{6} \cdot 100\ \text{mm} \cdot (200\ \text{mm})^2 = 0{,}666 \cdot 10^6\ \text{mm}^3$$

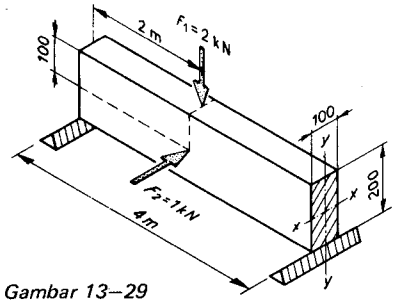
Momen maksimum M_1 terjadi dalam penampang tengah. Diagram tegangan di sana (gambar 13–31) adalah:

$$\sigma_1 = \pm \frac{M_1}{W_1} = \pm \frac{2 \cdot 10^6\ \text{N} \cdot \text{mm}}{0{,}666 \cdot 10^6\ \text{mm}^3} = \pm\ 3\ \text{N/mm}^2$$

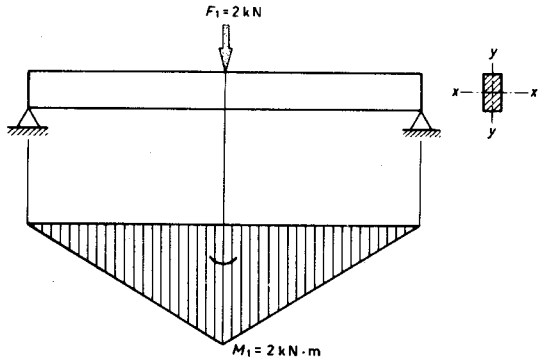
Gaya F_2 bekerja pada bagian samping balok dan:

$$M_2 = \tfrac{1}{4} \cdot 1\ \text{kN} \cdot 4\ \text{m}$$

$$= 1\ \text{kN} \cdot \text{m} = 1 \cdot 10^6\ \text{N} \cdot \text{mm}$$

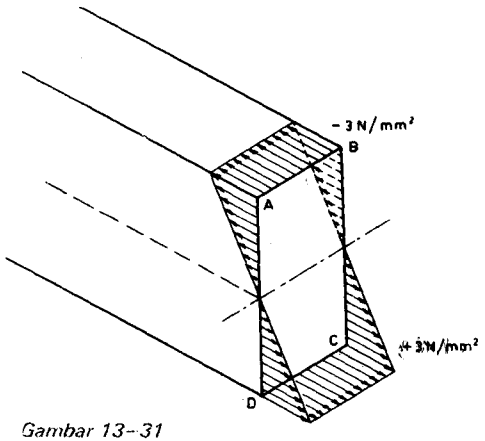


Gambar 13–29



Gambar 13–30

$M_1 = \frac{1}{4} F_1 \cdot l = \frac{1}{4} \cdot 2\ kN \cdot 4\ m = 2\ kN \cdot m$



Gambar 13–31

Momen maksimum M_2 terjadi juga dalam penampang tengah (gambar 13–32).

Momen-lawan W_2 pada beban F_2 sekarang adalah :

$$W_2 = \tfrac{1}{6} \cdot 200 \text{ mm} \cdot (100 \text{ mm})^2 = 0{,}333 \cdot 10^6 \text{ mm}^2$$

Diagram tegangan untuk penampang tengah didapatkan dengan:

$$\sigma_2 = \pm \frac{M_2}{W_2} = \pm \frac{1 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}}{0{,}333 \cdot 10^6 \text{ mm}^3} = \pm 3 \text{ N/mm}^2$$

Jikalau gaya F_1 dan F_2 bekerja sekaligus pada balok, maka dalam titik A bekerja tegangan sebagai berikut (gambar 13–33) :

sebagai akibat dari F_1: $\sigma_1 = -3 \text{ N/mm}^2$

sebagai akibat dari F_2: $\sigma_2 = -3 \text{ N/mm}^2$

Jumlah $\sigma_A = \sigma_1 + \sigma_2 \quad = -6 \text{ N/mm}^2$

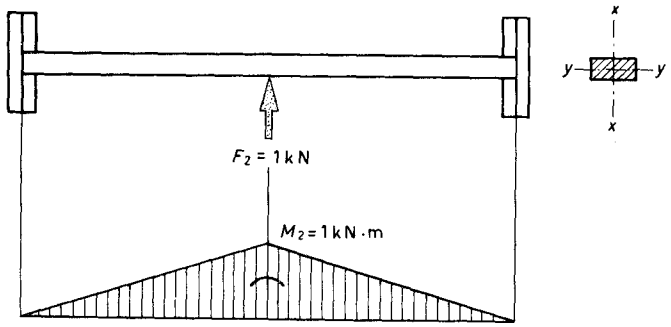
Dengan cara yang sama didapat:

$$\sigma_B = \quad 0 \text{ N/mm}^2$$

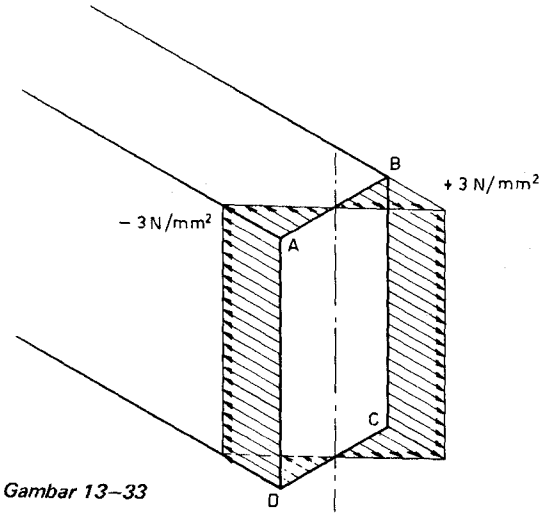
$$\sigma_C = +6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_D = \quad 0 \text{ N/mm}^2$$

Periksalah nilai-nilai yang terakhir ini.



Gambar 13–32



Gambar 13–33

13.5 Gaya lintang

13.5.1 Pengantar

Hingga sekarang, hanya diperhatikan momen lengkung M yang bekerja dalam gelagar dan tegangan lengkung yang berhubungan dengan itu :

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

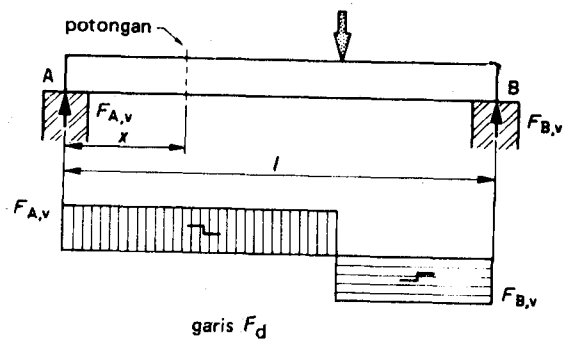
Jikalau pada sembarang tempat dalam gelagar A–B, seolah-olah diadakan kembali sebuah potongan (gambar 13–34), maka serat pada tempat potongan di samping harus memindahkan suatu momen $M = F_{A,v} \cdot x$ harus memindahkan juga suatu *gaya lintang D* (gambar 13–35). Sudah jelas bahwa dalam hal ini $D = F_{A,v}$ (keseimbangan vertikal). Sama halnya dengan momen, juga di sini kita dapat melukiskan sebuah grafik, yang pada tiap tempat dalam balok menunjukkan berapa besarnya D itu. Grafik ini dinamakan *garis gaya lintang.*
Dalam vademekum dilukiskan garis–D untuk segala macam keadaan pembebanan, yaitu berdasarkan resep :

a. Tentukanlah reaksi-letak $F_{A,v}$ dan $F_{B,v}$.

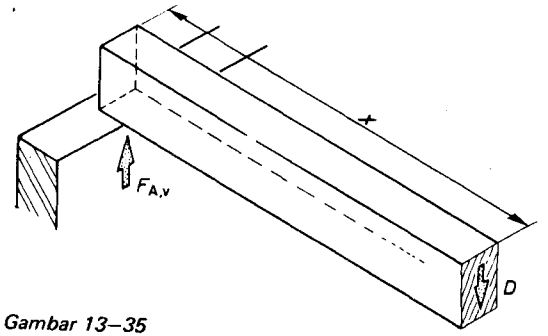
b. Buatlah di sana, di mana kita ingin mengetahui D untuk potongan dan ambillah jumlah secara aljabar dari semua gaya yang bekerja tegak lurus pada sumbu balok (termasuk reaksi letak), di sebelah kiri potongan.

c. Hasil dari jumlah secara aljabar ini adalah D yang dicari. Oleh D dibangkitkan suatu *tegangan geser rata-rata* τ (gambar 13–36).

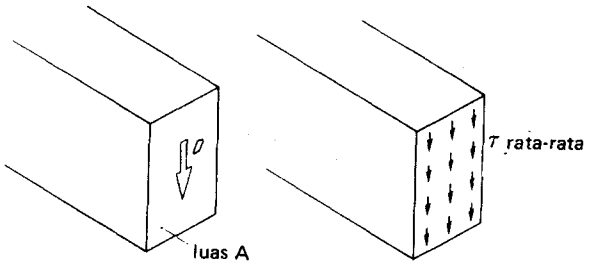
$$\tau \text{ rata-rata} = \frac{D}{A}$$



Gambar 13–34



Gambar 13–35



Gambar 13–36

13.5.2 *Pengaruh gaya lintang terhadap ukuran gelagar*

Dari teori elastisitas telah diketahui, bahwa tegangan geser ini *tidak* terbagi merata pada penampang. Pada *penampang segi-panjang*, τ itu maksimum dalam bidang netral dan sama dengan nol dalam serat-balok paling bawah dan paling atas.

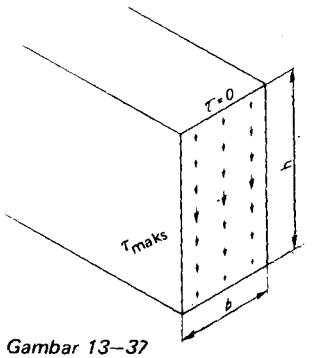
Di sini berlaku gambar 13–37 :

$$\tau \text{ rata-rata } = \frac{1{,}5\,D}{b \cdot h}$$

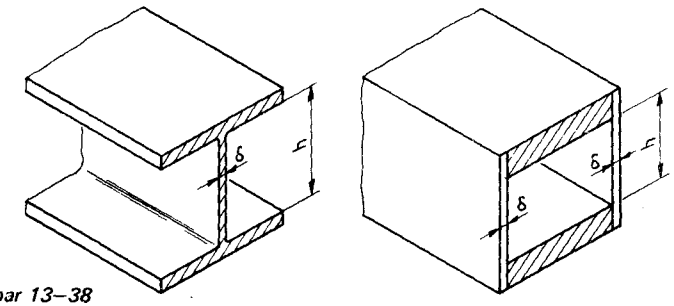
Untuk dapat menahan gaya lintang D, b, dan h harus dipilih sedemikian rupa, sehingga $\tau_{maks} \leqq \bar{\tau}$ (untuk $\bar{\tau}$, lihat II–3).

Untuk *profil–I* dan *gelagar tabung*, di mana bagian tubuh relatif tipis terhadap flensa, sebagai pendekatan dapat dihitung dengan (gambar 13–38):

$$\tau_{maks} = \frac{D}{A_{tubuh}}$$



Gambar 13–37



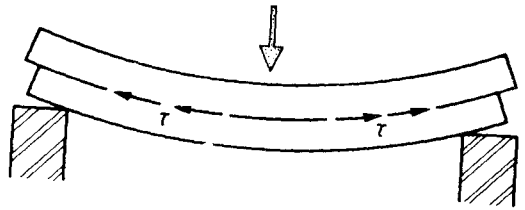
Gambar 13–38

Jadi dapat diumpamakan, bahwa tegangan geser di sini terbagi merata pada tubuh.

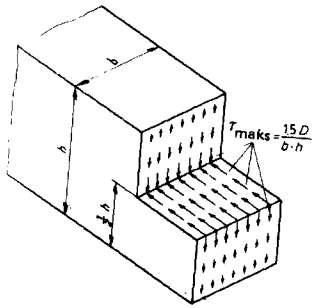
Selain daripada itu, dalam gelagar terjadi tegangan geser *horisontal*, sehingga umpamanya dua papan yang diletakkan lepas satu di atas yang lain, akan bergeser terhadap satu sama lain (gambar 13–39).

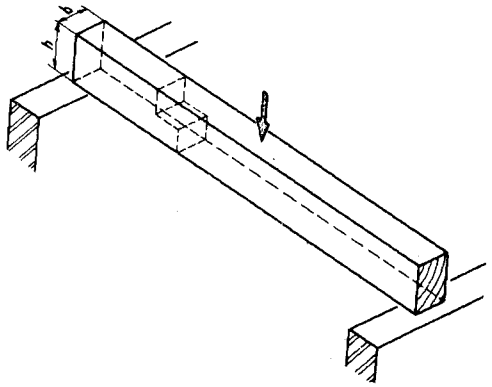
Dari teori elastisitas telah diketahui, bahwa tegangan-geser *horisontal* sama dengan tegangan geser *vertikal*.

Jadi dalam suatu penampang gelagar seperti dalam gambar 13–40, kita memperoleh jalannya tegangan geser.



Gambar 13–39





Gambar 13–40

CONTOH 1

Dalam gambar 13–41 dilukiskan sebuah balok kayu yang bersusun. Bila kita ingin menghubungkan dua buah balok sedemikian rupa, sehingga menjadi satu, maka alat penyambungnya harus mampu untuk menerima *gaya geser* yang terjadi dalam bidang pemisah.

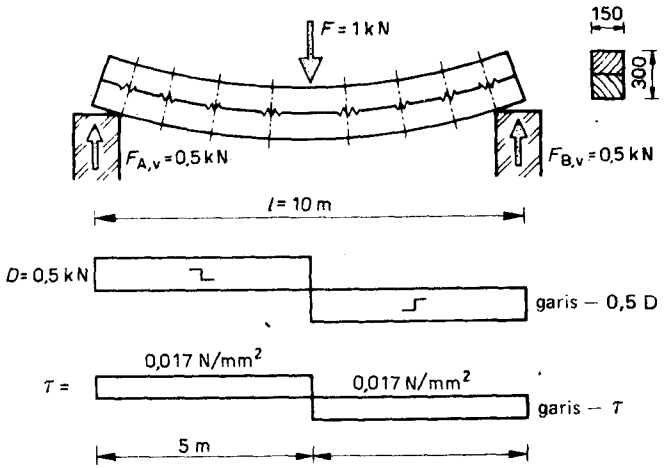
$$\tau_{maks} = \frac{1{,}5\,D}{b \cdot h} = \frac{1{,}5 \cdot 500\ \text{N}}{150\ \text{mm} \cdot 300\ \text{mm}} = 0{,}017\,\text{N/mm}^2 (0{,}17\,\text{kgf/cm}^2)$$

Jumlah gaya geser memanjang sepanjang $\frac{1}{2}l$ jadi sama dengan (gambar 13–41) :

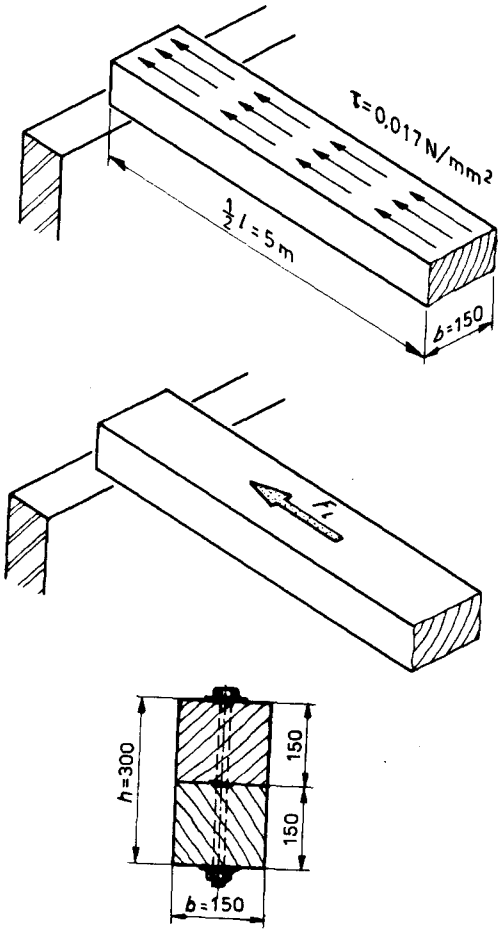
$$\begin{aligned} F_1 &= \tau \cdot \tfrac{1}{2}l \cdot b \\ &= (0{,}017\ \text{N/mm}^2) \cdot 5\,000\ \text{mm} \cdot 150\ \text{mm} \\ &= 17 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 1{,}5 \cdot 10^2\ \text{N} = 12\,750\ \text{N} \\ &= 12{,}75\ \text{kN}\ (1\,275\ \text{kgf}) \end{aligned}$$

Jumlah F_1 ini ditambah dengan 15 . . . 20%, karena oleh baut terjadi pelemahan dan di samping itu juga terjadi sedikit geseran :

F_1, praktis $\approx$ 15 kN (gambar 13–42).



Gambar 13–41



Gambar 13–42

Laksanakanlah: pelat kokot (=kramplaat) ϕ 62 mm dengan baut 12 mm.

Dapat diizinkan untuk tiap pelat-kokot 4,5 kN. Dengan demikian untuk seperdua gelagar dibutuhkan 4 buah pelat kokot. (Lihatlah TGB '70 yaitu jilid tentang Konstruksi kayu, § 5, sambungan).

CONTOH 2

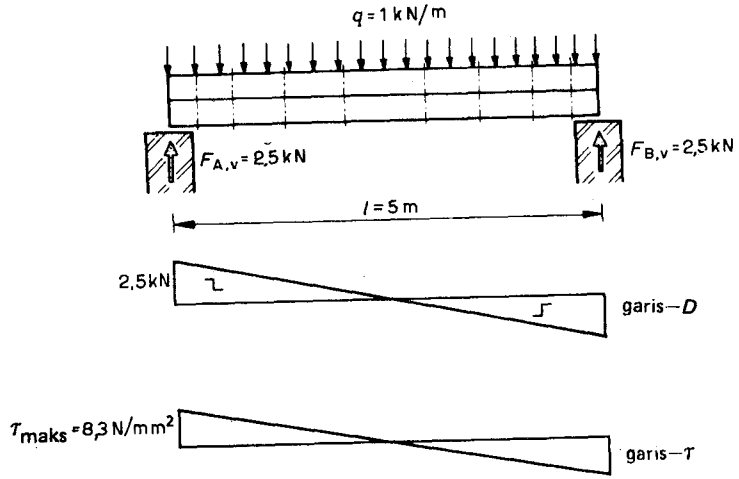
Lihatlah contoh 1, akan tetapi sekarang beban terbagi merata (gambar 13–43) :

$$\tau_{maks} = \frac{1{,}5\ D_{maks}}{b \cdot h} = \frac{1{,}5 \cdot 2\,500\ \text{N}}{150\ \text{mm} \cdot 300\ \text{mm}} = 0{,}083\ \text{N/mm}^2 .$$

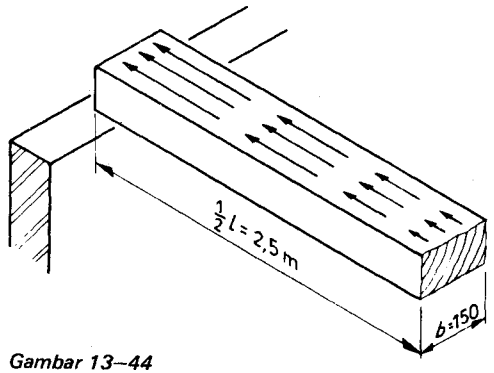
Pada tempat titik tumpuan, D itu adalah paling besar, jadi juga τ adalah paling besar (gambar 13–44).

$$F_{l\,.teoretis} = \tau_{rata\text{-}rata} \cdot \tfrac{1}{2} l \cdot b = \tfrac{1}{2} \tau_{maks} \cdot \tfrac{1}{2} l \cdot b$$
$$= \tfrac{1}{2} \cdot (0{,}083\ \text{N/mm}^2) \cdot 2500\ \text{mm} \cdot 150\ \text{mm}$$
$$= \tfrac{1}{2} \cdot 8{,}3 \cdot 10^{-2} \cdot 2{,}5 \cdot 10^{3} \cdot 1{,}5 \cdot 10^{2}\ \text{N}$$
$$= 15{,}550 \cdot 10^{3}\ \text{N} = 15{,}55\ \text{kN}\ (= 1\,555\ \text{kgf})$$

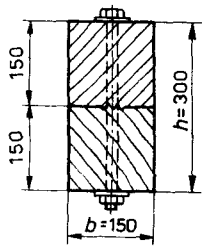
$$F_{l\,.praktis} = F_{l\,.teoretis} + 15 \ldots 20\ \% = 18\ \text{kN}\ (1\,800\ \text{kgf})$$



Gambar 13–43



Gambar 13–44



Gambar 13–45

Ambillah pelat kokot (=kramplaat) ϕ 62 mm dengan baut ϕ 12 mm (gambar 13–45).

Tiap pelat kokot dapat diizinkan: 5 kN. Untuk seperdua gelagar diperlukan: 4 buah pelat kokot.

Pada titik tumpuan, pelat kokot dalam hal ini harus diletakkan lebih berdekatan, oleh karena pada tempat tersebut terjadi tegangan geser yang paling besar !

CONTOH 3

Pada gambar 13–46, dilukiskan sebuah gelagar-tabung dari kayu.

Ditanyakan :

a. Periksalah tegangan geser dalam pelat tubuh.

b. Tentukanlah jumlah paku yang dibutuhkan untuk penyambungan tubuh flensa.

Jawaban :

a. $$\tau \approx \frac{D}{2h \cdot \delta} = \frac{2\,500 \text{ N}}{2 \cdot 320 \text{ mm} \cdot 10 \text{ mm}}$$

$$= 0{,}39 \text{ N/mm}^2 < 1 \text{ N/mm}^2, \text{ jadi benar}$$

Gaya lintang hampir seluruhnya ditampung oleh pelat tubuh !

b. Lihatlah gambar 13–47.

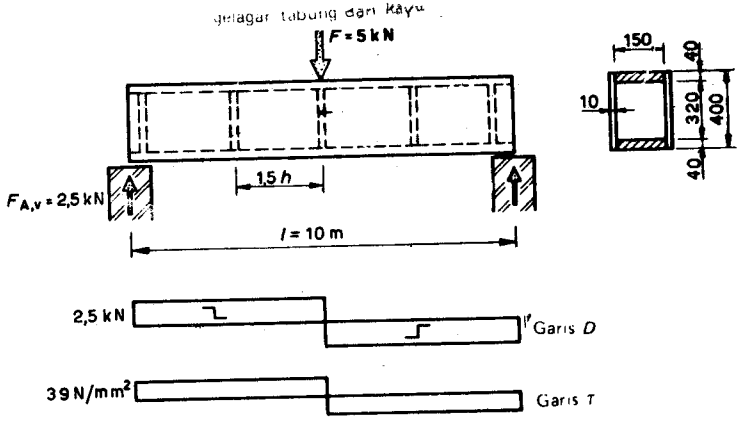
$$\tau_1 = \tau_2 = 0{,}39 \text{ N/mm}^2, \text{ jadi } F_{1\,,\text{teoretis}} = \tau \cdot \delta \cdot \tfrac{1}{2}l$$

$$= (0{,}39 \text{ N/mm}^2) \cdot 10 \text{ mm} \cdot 5\,000 \text{ mm} = 19\,500 \text{ N}$$

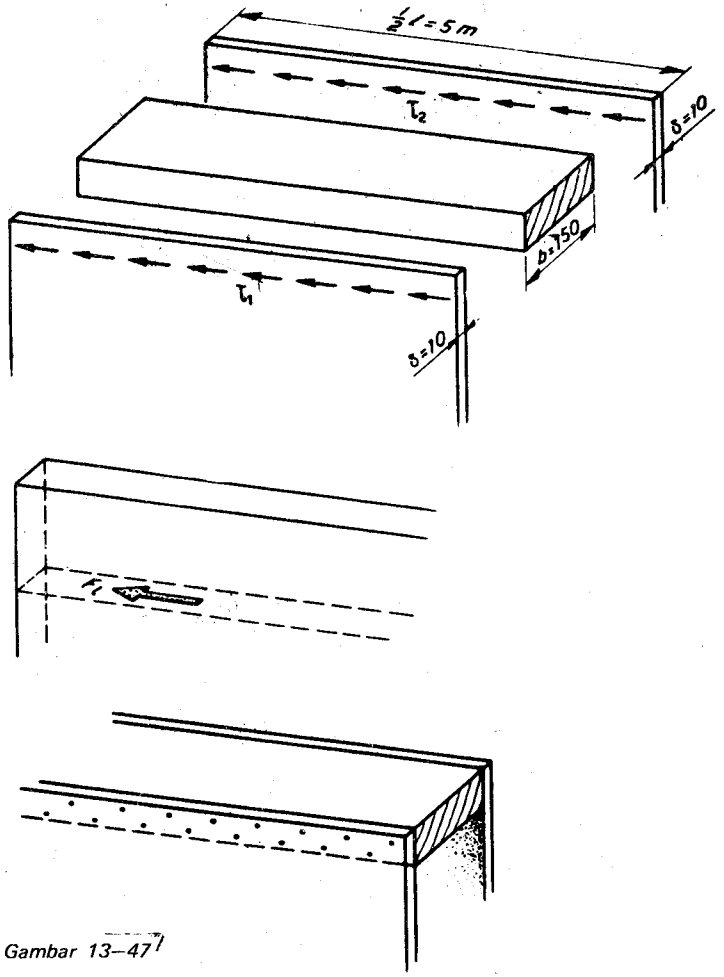
$$= 19{,}50 \text{ kN (1 950 kgf)}$$

Paku memberi pelemahan sebesar 20%, jadi :

$$F_{1\,,\text{praktis}} = 24 \text{ kN (2 400 kgf)}.$$



Gambar 13. 46



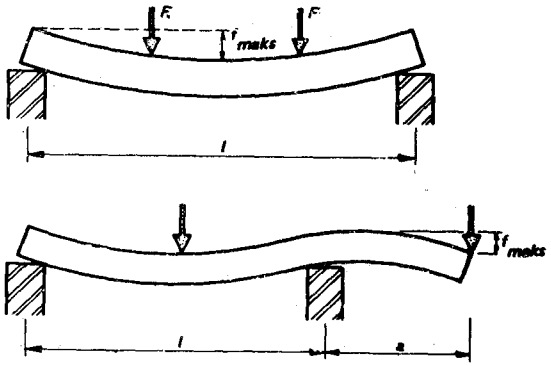
Gambar 13–47

Sambungan berpotongan tunggal → pilihlah paku no. 13. Tiap paku dapat diizinkan 0,2 kN (lihatlah T,G,B 1970 jilid III – § 5, sambungan) Sepanjang ukuran panjang $(\frac{1}{2}l)$ yang diketahui, dibutuhkan 120 buah paku. Paku itu harus dibagi merata, karena τ juga berjalan secara merata (konstan).

13.6 Kekakuan gelagar, momen lamban.

Lihatlah gambar 13–48.

Pelengkungan f adalah akibat dari perpendekan dari "serat" sebelah atas dan perpanjangan dari serat yang paling bawah, di bawah pengaruh tegangan lengkung (gambar 13–49).



Perbandingan $\frac{f_{maks}}{l}$ tidak boleh melebihi suatu nilai tertentu.

Perbandingan $\frac{f_{maks}}{a}$ juga tidak boleh melebihi suatu nilai tertentu.

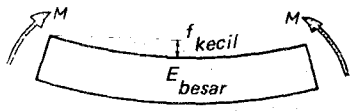
Untuk $\frac{f_{maks}}{l}$ dan $\frac{f_{maks}}{a}$ yang dapat diizinkan, lihatlah T.G.B. '70 dan 16-2.

Gambar 13–48

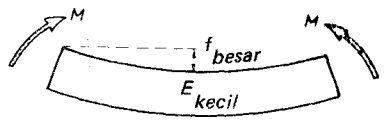
Gambar 13–49

Makin besar M, makin besar pula jadinya σ, makin lebih besar jadinya perubahan ukuran panjang serat, jadi makin besar pula jadinya pelengkungan.

Perubahan ukuran panjang serat, selain daripada tegangan lengkung, juga tergantung dari elastisitas E dari bahan (gambar 13–50, lihatlah juga II–3).



Perubahan ukuran panjang dari serat adalah kecil, bila E besar; jadi pelengkungan kecil.



Bila E kecil, serat banyak berubah dalam ukuran panjangnya; dengan demikian pelengkungannya besar.

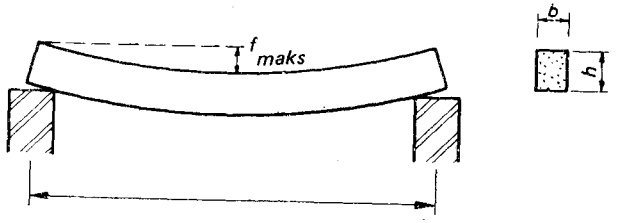
Gambar 13–50

Teori elastisitas, memberikan sebagai rumus pendekatan untuk sebuah *gelagar yang dibebani secara sembarang* di atas dua buah titik tumpuan (gambar 13–51).

$$f_{maks} = \frac{0{,}1\, M_{maks} \cdot l^2}{E \cdot \frac{1}{2}h \cdot W}$$, biasanya ditulis sebagai :

$$f_{maks} = \frac{0{,}1\, M_{maks} \cdot l^2}{E \cdot I}$$, di mana :

f dalam mm;
M_{maks} dalam N. mm;
l dalam mm
E dalam N/mm^2;
I dalam mm^4, jadi di mana;
$I = \frac{1}{2}W \cdot h$
l dinamakan *momen lamban* dari penampang gelagar

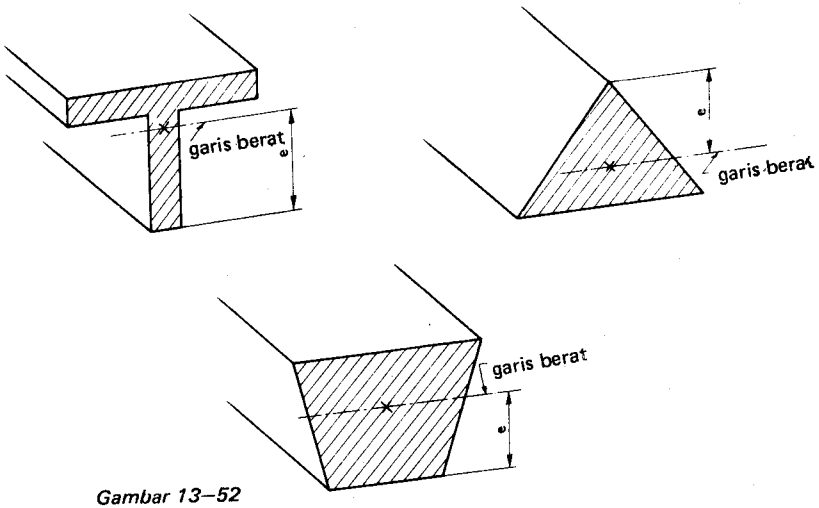


Gambar 13–51

Untuk penampang yang tidak setangkup berlaku (gambar 13–52):

$$I_z = W \cdot e$$

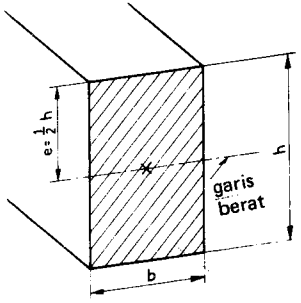
di mana e adalah jarak yang paling besar dari serat bahan terhadap garis berat (bidang netral).



Gambar 13–52

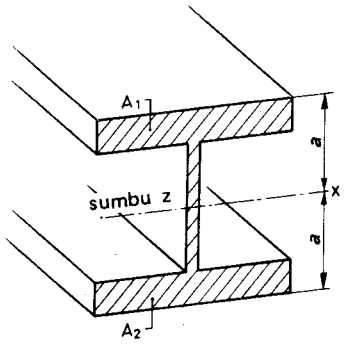
Jadi untuk penampang segi panjang (gambar 13–53) ialah :

$$I_z = W \cdot e = \tfrac{1}{6}b \cdot h^2 \cdot \tfrac{1}{2}h = \tfrac{1}{12}b \cdot h^3$$

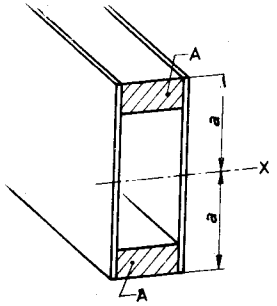


Gambar 13–53

Untuk sebuah profil – I atau gelagar tabung dengan tubuh yang tipis terhadap flensa, pada balok $I_z = 2a.^2.A$ (gambar 13–54).
Dalam bab 15 . . . . . 20 hal ini akan diperdalam dengan menggunakan contoh dan soal-soal.



$$I_z \approx 2a^2 \cdot A$$



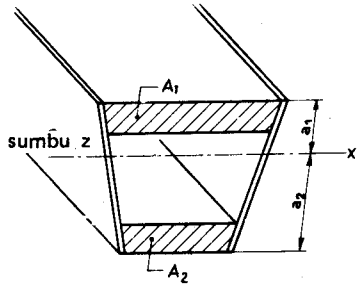
$$I_z \approx 2a^2 \cdot A$$

$$W_z = 2a \cdot A$$

Berhubungan dengan rumus, di sini ternyata

$$I = W \cdot e:$$

$$W_z = 2a \cdot A$$



$$I_z \approx a_1^2 \cdot A_1 + a_2^2 \cdot A_1$$

$$W_z = \frac{a_1^2 \cdot A_1 + a_2^2 \cdot A_2}{a_2}$$

Gambar 13–54

13.7 S o a l

Gaya

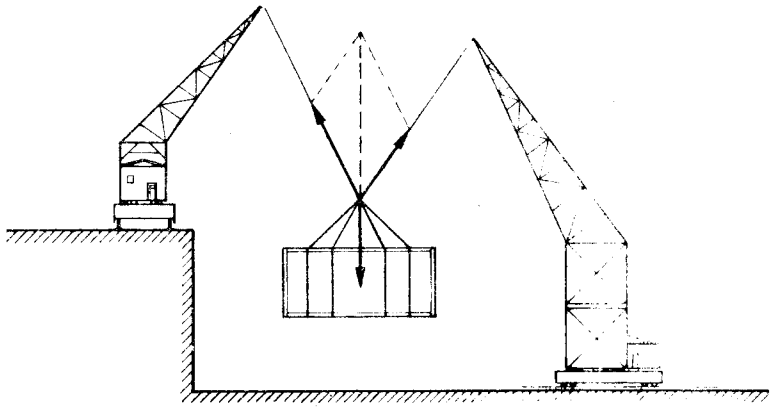
1 Apakah gaya itu ?
2 Apakah resultan itu ?
3 Apakah yang dimaksud dengan mengurai gaya ?
4 Apakah garis kerja itu ?

Momen

5 Apakah kopel itu ?
6 Apakah momen itu ?

Syarat keseimbangan.

7 Bilakah benda berada dalam keadaan seimbang ?
8 Pada gambar 13–55 dilukiskan gaya yang dilakukan terhadap beban.
Apakah beban tinggal diam dalam gantungan ?



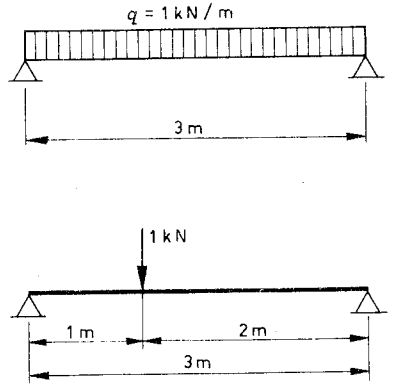
Gambar 13–55

Momen lengkung; momen lawan dari penampang homogen.

9 Apakah garis M itu ?
10 Apakah momen lawan itu ?
11 Hitunglah momen yang bekerja maksimum dalam kedua hal pada gambar 13–56.

Gaya lintang.

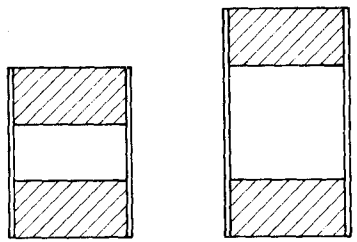
12 Apakah gaya lintang itu ?
13 Berikanlah rumus untuk tegangan geser maksimum dalam sebuah penampang homogen persegi panjang.
14 Di mana gaya lintang itu maksimum, tegangan geser juga maksimum. Apakah sebabnya ? Hitunglah gaya lintang maksimum untuk kedua balok dari gambar 13 – 56.



Gambar 13–56.

15 Apakah yang dimaksud dengan balok yang *kuat ?*
16 Apakah yang dimaksud dengan balok yang *kaku ?*
17 Apakah pendapat di bawah ini benar ?

a. Bila sebuah balok terbuat dari bahan dengan modulus elastisitas E yang kecil, maka pelengkungannya juga kecil.
b Menurut perbandingan, sebuah balok yang panjang akan melengkung lebih banyak daripada yang pendek.
c. Untuk kedua buah penampang dari gambar 13–57 dipergunakan bahan sama banyak. Jadi momen lambannya adalah sama besar.

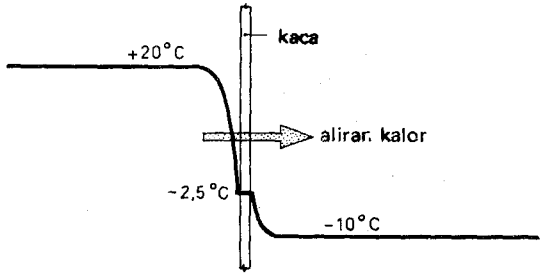


Gambar 13–57

14 PENGERTIAN UMUM DARI FISIKA BANGUNAN.

14.1 Isolasi kalor (isolasi termik).

Jikalau suhu di dalam ruangan (umpamanya + 20°C) lebih tinggi daripada suhu di luar (umpamanya – 10°C), maka melalui kaca jendela akan terjadi aliran kalor (gambar 14–1).

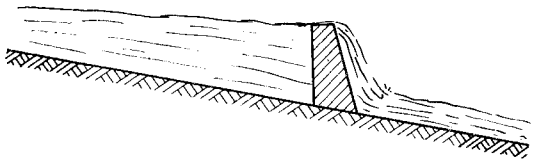


Gambar 14–1

Ada terdapat persamaan dengan air yang mengalir dari titik yang lebih tinggi ke titik yang lebih rendah.
Makin curam dasar selokan, makin cepat air mengalir (gambar 14–2)
Persamaan:
Makin besar perbedaan suhu, makin banyak kalor akan hilang (dengan akibat meningkatkan biaya pemanasan ruangan).

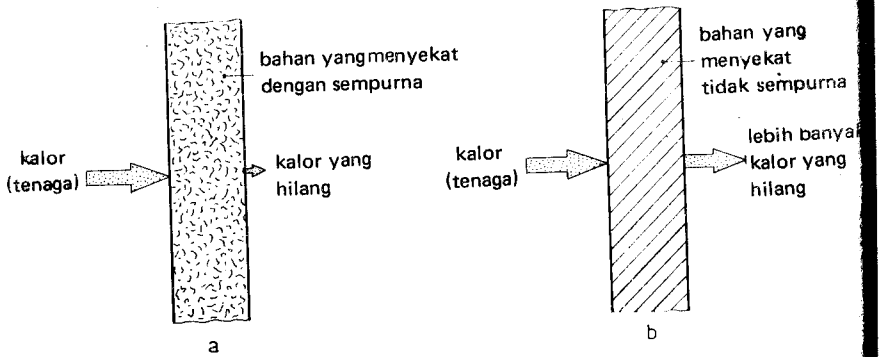
Gambar 14–2

Jikalau dalam selokan dibuat bendungan (gambar 14–3), maka kecepatan air akan berkurang. Air dapat dikumpulkan dalam sebuah kolam bendungan dan dipakai secara bermanfaat untuk membangkitkan tenaga atau keperluan pengairan. Tanpa bendungan, jumlah air yang *sama* akan mengalir ke laut tanpa guna.



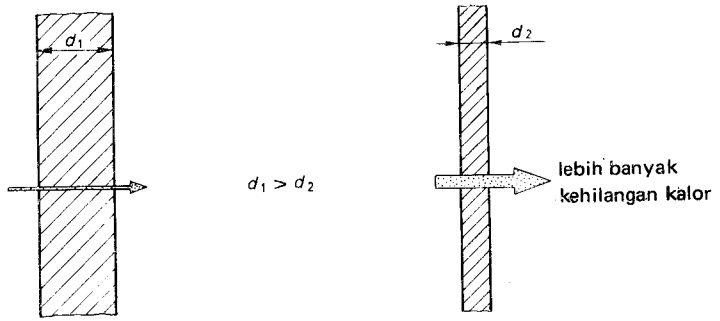
Gambar 14–3

Demikian juga bahan yang menghambat penyerahan kalor (seperti pada pembendungan air), memiliki isolasi kalor yang besar dan memperlambat arus kalor (kecepatan arus menjadi lebih kecil).
Bahan dengan *isolasi termis yang baik,* meluluskan lebih sedikit tenaga pada tiap-tiap m^2 dan tiap satuan-waktu (gambar 14–4).
Biaya bahan bakar lebih rendah daripada bahan *dengan isolasi yang buruk.*



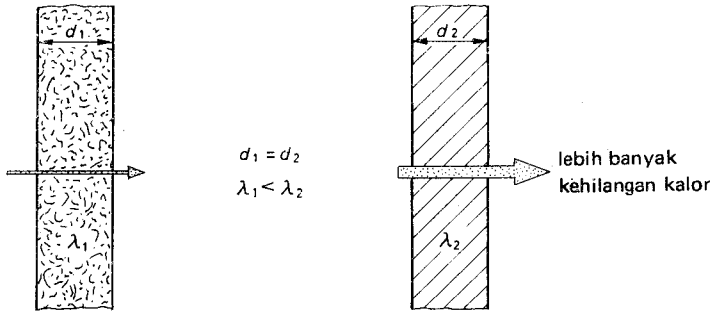
Gambar 14–4

Bahan yang *tebal* menyekat lebih baik daripada bahan yang *tipis* (gambar 14–5).



Gambar 14–5

Bahan lunak yang berpori menyekat lebih baik daripada bahan keras dan rapat dengan ukuran tebal yang sama besar (gambar 14–6). Bahan *lunak* (berpori, ringan), mengantar kalor lebih buruk daripada bahan *keras* dan *padat.* Koefisen antar-kalor λ_1 lebih kecil daripada λ_2. Jadi *hambatan r* yang diberikan oleh bahan *terhadap laluan kalor* adalah lebih kecil, bila *d* lebih kecil dan juga lebih kecil, bila λ lebih besar:



Gambar 14–6

14.2. Kondensasi

Dalam udara luar di sekitar kita selalu terdapat *uap air.* Makin tinggi suhu, makin banyak udara *dapat* mengandung uap air. (Lihatlah grafik dalam gambar 14–7). Biasanya dalam udara terdapat *lebih sedikit* uap air daripada yang *dapat* dikandungnya.

Di Nederland, udara biasanya mengandung antara 70% dan 90% dari jumlah maksimum. Persentasi ini dinamakan *kelengasan relatif.*

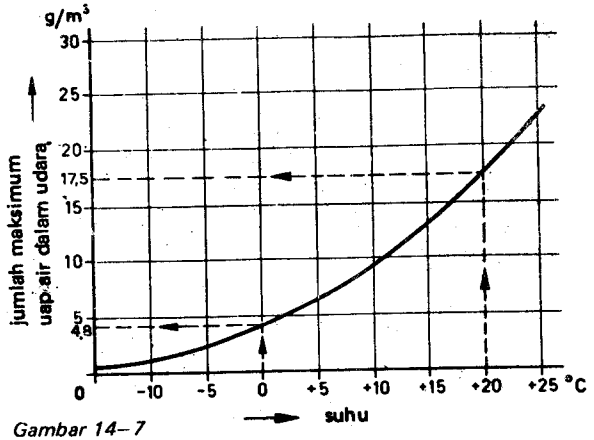
Kondensasi terjadi, bila suhu turun dengan mendadak atau bila dalam ruangan yang *panas* terdapat suatu bidang yang *dingin.* Ambillah umpamanya suatu ruangan di mana terdapat suhu dari + 20°C.

Kelengasan relatif berjumlah 80%. Jadi udara mengandung 80% x 17,5 g/m^3 $\triangleq$ 14 gram air tiap m^3 udara. Keadaan di luar membeku dan suhu pada jendela adalah 0°C. Jadi udara pada jendela setinggi-tingginya dapat mengandung 4,8 g/m^3; yang ada ialah 14 g/m^3, jadi uap air mengembun.

Suhu pada saat pengembunan mulai berlangsung, dinamakan *titik embun* (= dauwpunt).

(Carilah untuk keadaan ini titik embun dengan menggunakan grafik).

Pembentukan kondensasi (= pengembunan) itu tidak diinginkan, karena dapat menimbulkan kerusakan pada konstruksi (keadaan lembab menambah pencernaan bahan); daya-isolasi dari bahan menurun. Ruang yang lembab tidak sehat.

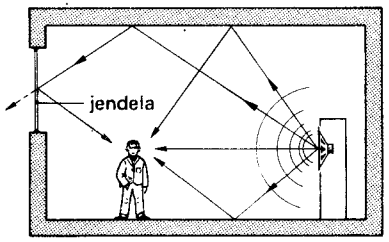


Gambar 14–7

14.3 Penyerapan-suara

Gaduh dalam ruangan mencapai telinga kita *langsung* dari sumber suara dan melalui lantunan dari dinding di sekitar kita (gambar 14–8). Bila dinding tidak sempurna melantunkan suara, maka keadaan ini dinamakan *penyerapan* (= absorpsi) yang sempurna.

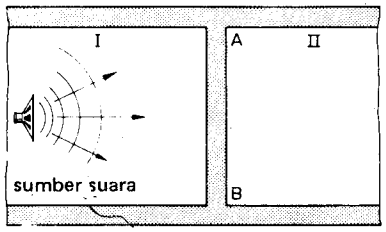
Makin sempurna penyerapan itu, makin rendah nada suara dalam ruangan.



Gambar 14–8

14.4 Isolasi-suara

Bila gelombang suara dari ruangan 1 (gambar 14–9) mengenakan dinding AB, maka dinding ini akan melalukan sebagian dari suara itu. Makin sedikit suara dilalukan, maka makin sempurna isolasi suara udara dari dinding dan makin rendah pula nada suara tinggal dalam ruangan II.



Gambar 14–9

Kerapkali pengertian "isolasi" dan "penyerapan" keliru dipergunakan. Penghuni sebelah kiri dinding dalam gambar 14–10 menamakan bahan *penyerap suara yang sempurna,* penghuni sebelah kanan dinding menamakannya *isolasi suara yang buruk*: suara hanya 25% yang melalui dinding.

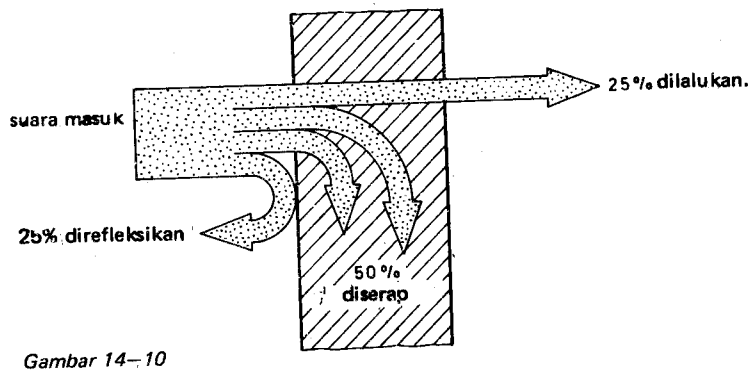
Sebuah sumber suara dalam ruangan tertentu, membangkitkan suatu nada suara tertentu pula. Besarnya nada suara diucapkan dalam *desibel* (simbol: dB).

Beberapa nilai global:

– motor pesawat udara pada jarak 4 m:	120 dB
– bengkel tempa:	110 dB
– klakson pada jarak 5 m:	100 dB
– musik yang keras sekali:	80 dB
– kantor yang bising:	70 dB
– pembicaraan:	60 dB
– musik pelahan:	40 dB
– berbisik pada jarak 1,5 m	15 dB

Nada yang *tinggi* selalu lebih buruk untuk ditahan daripada nada yang rendah. Untuk dinding rapat yang homogen, isolasi terutama tergantung dari massa dinding. Sebagai rumus pendekatan berlaku:

$$i = c + 20 \log M$$



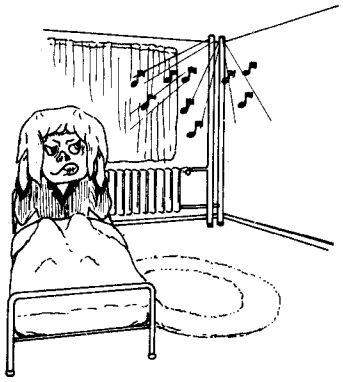
Gambar 14–10

i = isolasi suara udara dalam dB;
M = massa tiap m^2 dinding; jadi dalam kg/m^2;
c = – 3 pada frekuensi tinggi;
c = + 1 pada frekuensi normal;
c = + 5 pada frekuensi rendah;

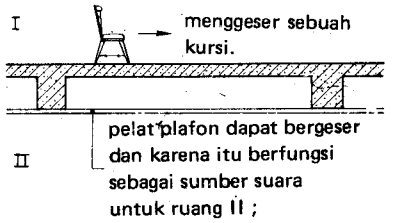
Massa yang 2 x lebih besar, jadi umpamanya ukuran-tebal dinding yang 2 x lebih tebal, menghasilkan pembesaran isolasi dari 20 log 2 = 6 dB. Pori yang tembus dalam dinding atau dalam lantai selalu memperkecil isolasi. Sebuah lubang kecil dalam dinding atau dalam lantai, hampir dapat menghilangkan isolasi. (Bocoran udara seperti umpamanya dalam gambar 14–11 !).

14.4.2. Suara kontak

Suara kontak, adalah suara yang dipindahkan dari ruang I ke ruang II melalui konstruksi. Oleh cara-kerja mekanis (pergeseran perabot rumah, getaran mesin), lantai (atau dinding) digetarkan dan karena itu berfungsi sebagai sumber suara (gambar 14–12).



Gambar 14–11



Gambar 14–12

Suara kontak dari ruang I (oleh langkah kaki, benda yang jatuh dan sebagainya) ke ruang II dapat dikurangi dengan jalan memasang alas lantai yang elastis dalam ruang I. Oleh tekanan pada lantai, sebagian dari tenaga dirubah ke dalam kalor dan kemudian menghilang sebagai tenaga suara (= energi suara).

Alas lantai yang elastis adalah:

a. tikar/permadani;
b. karet;
c. gabus;
d. aspal;
e. linoleum gabus.

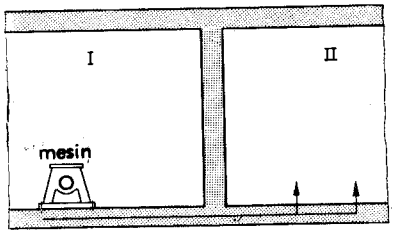
Pemindahan suara kontak oleh mesin (gambar 14–13), ventilator dan sebagainya dapat dikurangi oleh:

1. pemakaian mesin dengan jumlah putaran rendah;
2. pemasangan mesin di atas blok yang berat (fondasi mesin) karena benda yang berat sulit digetarkan;
3. pemasangan mesin di atas tumpuan yang berpegas atau yang elastis.

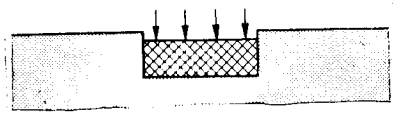
Janganlah membuat kekeliruan pada penggunaan blok ganjal dari karet:

– Sebuah blok karet yang pejal, tidak memiliki elastisitas voluma bila tertutup pada semua sisinya (gambar 14–14).
– Jikalau blok tidak tertutup, maka blok itu dapat dipergunakan (gambar 14–15).

Jadi suatu lapisan karet pejal sebagai fondasi mesin tidak ada artinya !



Gambar 14–13

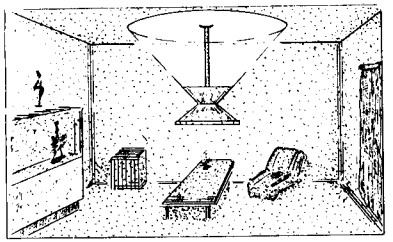


Gambar 14–14

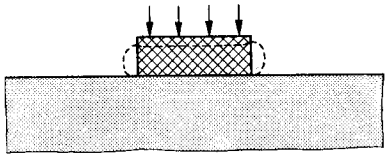
14.5 Cahaya

Pembahasan tentang cahaya dan instalasi cahaya (cahaya siang dan cahaya buatan) berada di luar rencana buku ini. Di sini hanya diberikan beberapa catatan singkat :

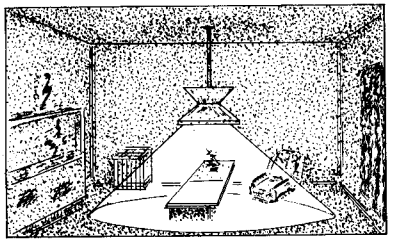
– Cahaya mempengaruhi *bentuk* dari benda yang terlihat.
– Pencahayaan *sepihak* tertentu dapat memberikan efek yang dramatis atau efek yang hebat.
– Pada pencahayaan yang *berlebihan* bentuk benda akan hilang (Silau !).
– Pencahayaan khusus secara *tak langsung* sangat banyak memberi efek yang "mati" (gambar 14–16a).
– Pencahayaan khusus secara *langsung* sangat banyak memberi kontras (gambar 14–16b).
– Dengan pencahayaan dari *segala jurusan* diperoleh efek yang baik (gambar 14–16c).
– Pilihan *warna* sangat penting untuk pencahayaan. (Refleksi !).
– Suatu sistim pencahayaan yang sempurna menambah baik suasana dan meningkatkan prestasi kerja.



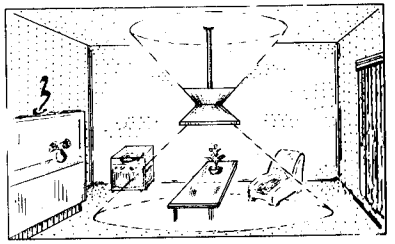
a



Gambar 14–15



b



c

Gambar 14–16

14.6 Soal

Isolasi kalor (isolasi termis)

1 Berilah penjelasan terhadap pengertian sebagai berikut:
- hambatan kalor;
- kofisen antar kalor;
- arus kalor;
- isolasi kalor.

Kondensasi

2. Apakah uap air itu ?
3 Apakah kondensasi itu ?
4 Apakah titik embun itu ?

Penyerapan suara dan isolasi suara

5. Apakah perbedaan antara penyerapan suara dengan isolasi suara ?
6 Bagaimana cara menyekat suara kontak ?

15 FONDASI

15.1 Jenis fondasi

Fondasi harus dapat memindahkan beban berguna, yaitu beban + bobot diri konstruksi, kepada tanah secara sempurna.
Yang terpenting ialah dua sistem fondasi :
1 fondasi di atas baja;
2 fondasi di atas tiang-tiang.

15.2 Fondasi di atas baja

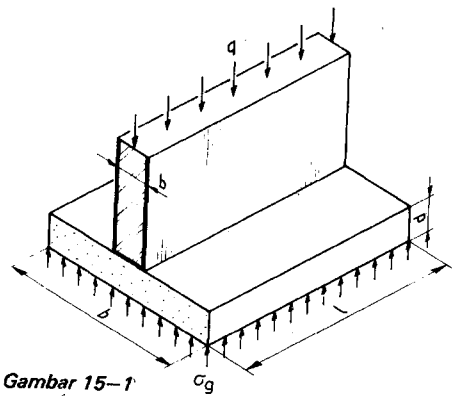
Untuk keseimbangan dari fondasi dalam gambar 15–1 harus berlaku, (lihat juga jilid II–8, proyek I, tugas 2):

$$q \cdot l = \sigma_g \cdot l \cdot b \quad \text{dari } \sigma_g = \frac{q}{b}$$

ternyata bahwa fondasi cukup lebar, jikalau :
$\sigma_g \leqq \bar{\sigma}_g$ atau bila : $b \geqq \frac{q}{\bar{\sigma}_g}$ di mana:

b = ukuran lébar pemasangan;
q = beban + bobot diri;
$\bar{\sigma}_g$ = tegangan tanah yang diizinkan

Untuk *stabilitas* yang cukup (membalik !) minimum b harus 2 x ukuran tebal dinding, jadi $b \geqq 2d$. (Peraturan Pembangunan !).



Gambar 15–1

CONTOH 1

Lihatlah gambar 15–2.

$$q = 80 \text{ kN/m} = 80 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{3} \text{ kN/m} = 80 \text{ N/mm}$$
$$b = 1 \text{ m} = 10^{3} \text{ mm}$$

Tegangan tanah yang terjadi (tiap meter-jalan dinding) adalah:

$$\sigma_g = \frac{80 \text{ N/mm}}{10^3 \text{ mm}} = 0{,}08 \text{ N/mm}^2$$

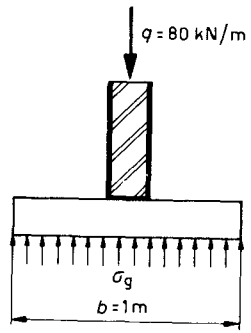
Pertanyaan :

Apakah tegangan ini dapat diizinkan untuk tanah liat lunak di atas lapisan arang tumbuh-tumbuhan (= veenlagen) ? (Lihatlah II–11).

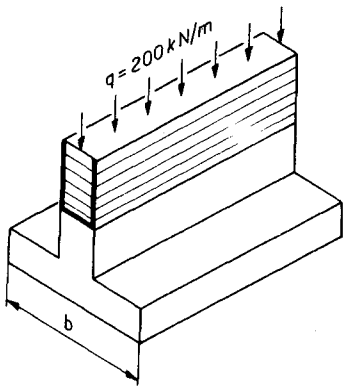
TUGAS 1

Sebuah dinding dibebani dengan 200 kN/m dan difondasikan di atas tanah pasir dengan $\bar{\sigma}_g = 0{,}3 \text{ N/mm}^2$ (gambar 15–3).

Ukuran lebar pemasangan $b \geqq \ldots\ldots \geqq 670$ mm (dalam praktek dibulatkan menjadi 700 mm) (70 cm).



Gambar 15–2



Gambar 15–3

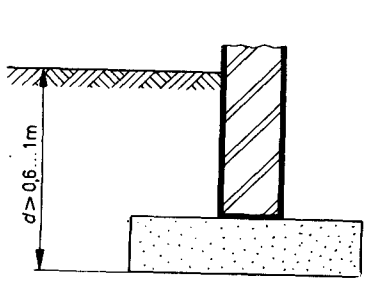
Fondasi harus dipasang dalam keadaan bebas dari keadaan beku, yaitu berhubung perbedaan pengeraman karena pengaruh pembekuan (= vorst) (Lihatlah II–5; gambar 15–4).

Sebagai alat pelebaran kaki, dapat dipergunakan sebuah pelat beton bertulang dengan atau tanpa rusuk, yaitu apa yang dinamakan fondasi jalur (gambar 15–5). Daerah tarikan terletak di bawah pelat, jadi penulangan pokok harus pula terletak di sini.

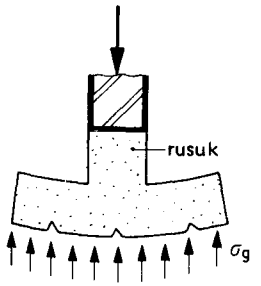
Di atas penulangan pokok berada penulangan bagi dengan penampang sekurang-kurangnya 20% dari penulangan pokok (gambar 15–6).

Pertanyaan :

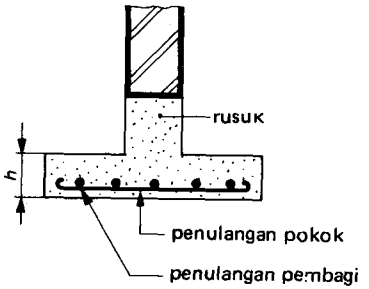
Dalam artikel manakah ketentuan ini tercantum pada V.B. '72 ? Berilah ulasan apa sebabnya ketentuan itu diperlukan.



Gambar 15–4

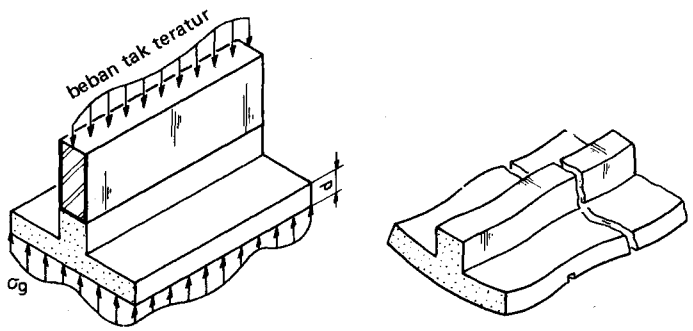


Gambar 15–5

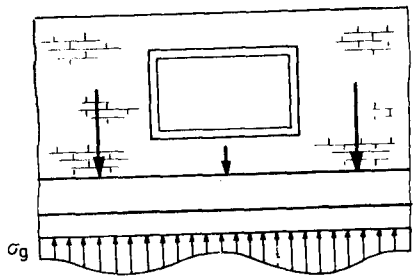


Gambar 15–6

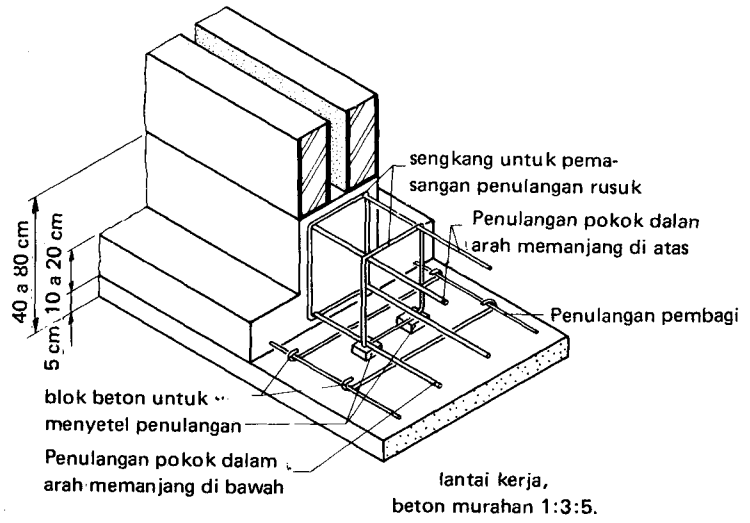
Bila susunan bagian tanah tidak merata di semua tempat (gambar 15–7), σ_g juga tidak berlangsung merata, sehingga fondasi akan retak dalam arah memanjang.
Juga karena beban yang tidak merata, umpamanya oleh sebuah jendela (15–8), akan terjadi σ_g yang tidak merata.
Dalam hal yang demikian, lebih baik untuk mengadakan sebuah rusuk, supaya pemindahan gaya dapat merata kepada landasan bawah. Dengan demikian fondasi akan menjadi lebih kuat dan lebih kaku dalam arah memanjang (gambar 15–9).



Gambar 15–7



Gambar 15–8



Gambar 15–9

Jadi dalam arah memanjang (rusuk), harus pula diadakan suatu penulangan pokok. Jumlah penampang baja dari penulangan pokok:

$$A_{\text{baja}} = 1\%.\, A_{\text{rusuk beton}},$$

yaitu pada bagian bawah dan bagian atas, karena dalam arah memanjang, daerah tarikan dapat berada di bawah atau di atas.

TUGAS 2

Lukiskanlah dalam fondasi jalur dengan rusuk dari gambar 15–10, letak dari penulangan pokok dan penulangan pembagi.
Untuk rusuk berlaku:

Penulangan pokok:

$$A_{\text{baja}} = 1\%\, A_{\text{rusuk beton}}$$

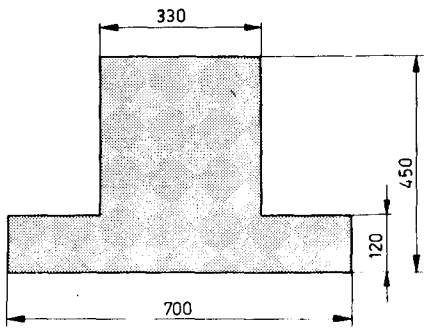
$$= 0{,}01 \cdot 330\ \text{mm} \cdot 450\ \text{mm} = \ldots\ \text{mm}^2$$

Untuk jalur berlaku pada tiap m jalur:

Penulangan pokok:

$$A_{\text{jalur}} = 0{,}25\% \cdot 120\ \text{mm} \cdot 100\ \text{mm} = \ldots\ \text{mm}^2$$

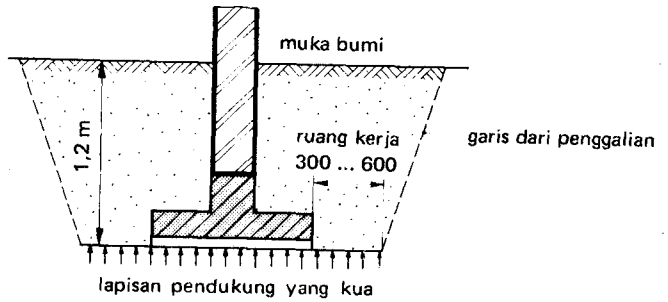
Untuk penutupan dan sebagainya lihatlah V.B. '72.



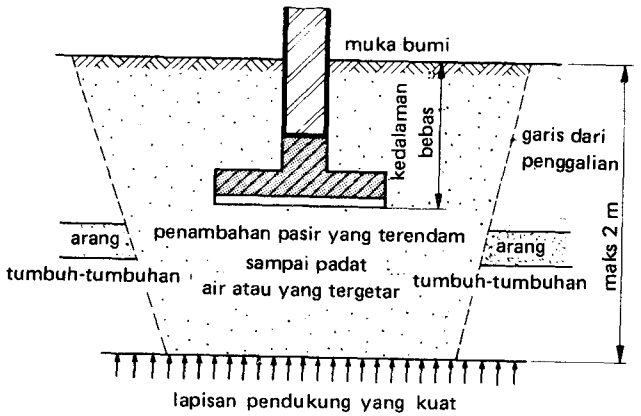
Gambar 15–10

Fondasi di atas baja hanya dapat dilaksanakan, bila landasan dasar yang padat (lapisan yang kuat mendukung) tidak terletak terlampau dalam, karena kalau tidak demikian, sistem ini akan memerlukan bahan terlampau banyak dan biaya penggalian yang terlampau tinggi (gambar 15–11).

Jikalau lapisan yang kuat mendukung tidak terletak lebih dalam dari 2 m, dapat digunakan konstruksi dari gambar 15–12.



Gambar 15–11



Gambar 15–12

Fondasi di atas baja meningkatkan tegangan dalam tanah. Karena itu terjadi pengeraman (lihatlah II–11). Selama pengeraman itu tidak terlampau besar dan terjadi merata, tidak akan timbul bahaya.
Pengeraman yang *tidak merata,* dapat menyebabkan retak-retak dalam bangunan (gambar 15–13).
Sebagai pedoman sehari-hari dapat diikuti (gambar 15–14)

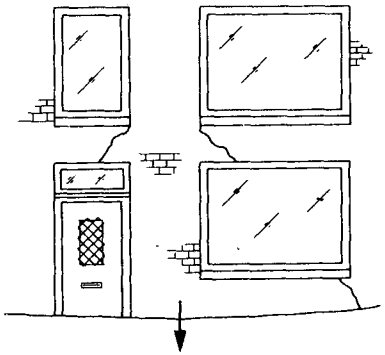
– Untuk kerangka (dapat diizinkan maksimum) : $\frac{z}{l} = \frac{1}{150}$

– Untuk dinding terusan : $\frac{z}{l} = \frac{1}{300}$

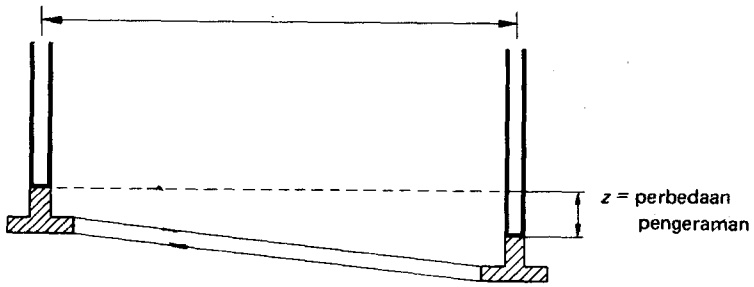
Kadang-kadang fondasi dibebani secara eksentris (tidak memusat), seperti umpamanya pada gambar 15–15. Jikalau beban tepat menangkap pada 1/3 b (gambar 15–16), tegangan tanah rata-rata di bawah pelat adalah 1/2 σ_g , jadi :

$$\cdot \tfrac{1}{2}\bar{\sigma}_g \cdot b \cdot l \geqq q \cdot l \quad \text{Dari sini ternyata : } b \geqq \frac{2q}{\bar{\sigma}_g}$$

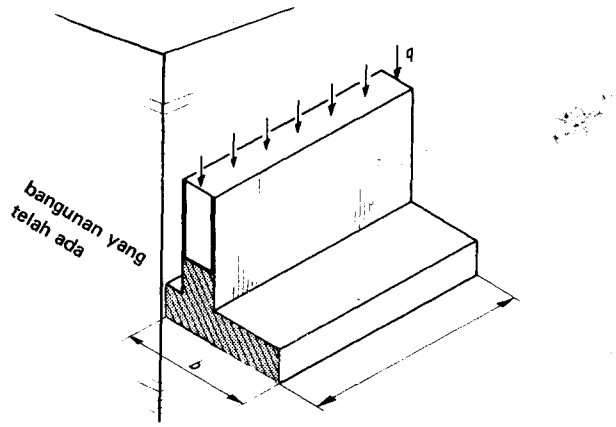
Jikalau jarak dari titik tangkap dari beban – q sampai ke pinggiran pelat menjadi lebih kecil dari $\frac{1}{3}b$ (gambar 15–17) maka tegangan maksimum di bawah fondasi kerap kali terlampau besar.



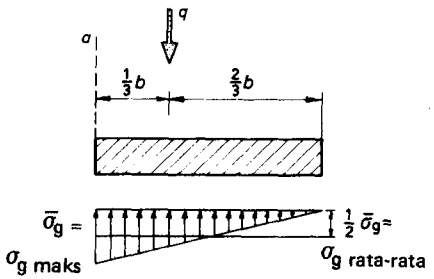
Gambar 15–13



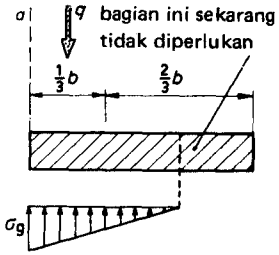
Gambar 15–14



Gambar 15–15



Gambar 15–16



Gambar 15–17

TUGAS 3

Pada sebuah jalan, harus dibangun sebuah bangunan toko yang baru antara dua buah bangunan yang telah ada (gambar 15–18). Kita akan membuat fondasi di atas baja.
Landasan dasar adalah tanahliat padat dengan pasir, di mana berlaku:

$$\bar{\sigma}_g = 0{,}2 \text{ N/mm}^2.$$

Ditanyakan:

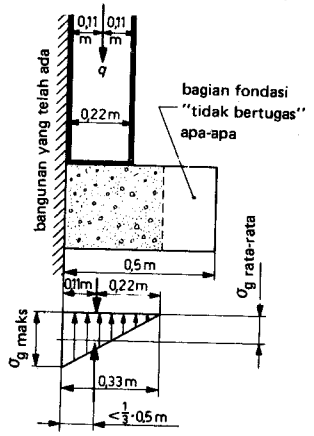
Periksalah apakah sistem fondasi ini mungkin dilaksanakan.

Jawaban :

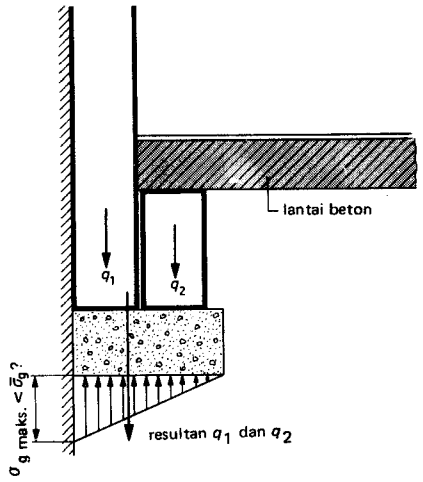
Diketahui bahwa: beban $q = 4{,}95$ tf/m.
Setelah diperhitungkan: 49,5 N/mm (Periksalah sendiri !).
Pada gambar 15–18, diperlihatkan juga diagram tegangan (Berilah penjelasan mengapa gambar tampak seperti itu !).
Tegangan rata-rata sama dengan: $\sigma_{g\,\text{rata-rata}} = \frac{\cdots\cdots}{\cdots\cdots} = 0{,}15 \text{ N/mm}^2$
Tegangan maksimum: $\sigma_{g\,\text{maks}} = \cdots\cdots$
Jadi:

$$\sigma_{g\,\text{maks}} = \; > \bar{\sigma}_g = 0{,}2 \text{ N/mm}^2$$

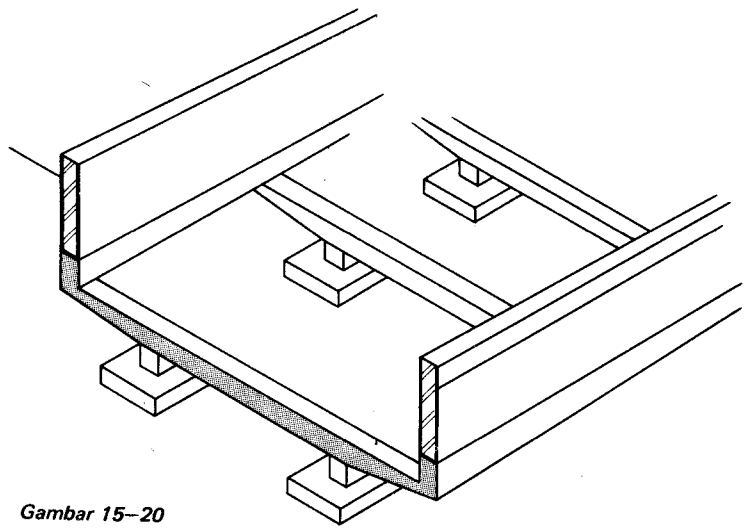
Menurut perhitungan teori ini, jadi fondasi tidak boleh dibuat secara demikian. Kemungkinan dapat terjadi, bahwa oleh pembebanan lantai dapat diperoleh pemindahan jumlah beban yang lebih merata kepada tanah fondasi (gambar 15–19).
Jikalau keadaan itu tidak dapat dicapai, lebih baik kita melaksanakan sistem konstruksi dari gambar 15–20.



Gambar 15–18.



Gambar 15–19



Gambar 15–20

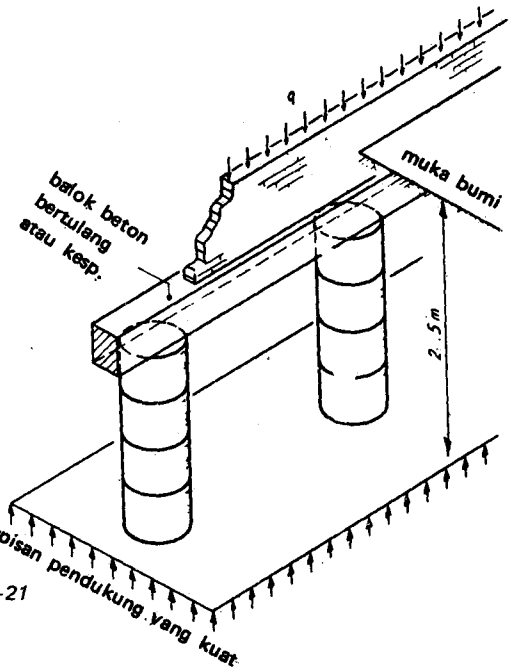
Fondasi dengan bis beton bertulang

Sistem ini (gambar 15–21) dilaksanakan, bila landasan dasar yang padat terletak 2 . . . 5 m di bawah muka bumi, yaitu untuk menghemat pekerjaan penembokan dan penggalian.

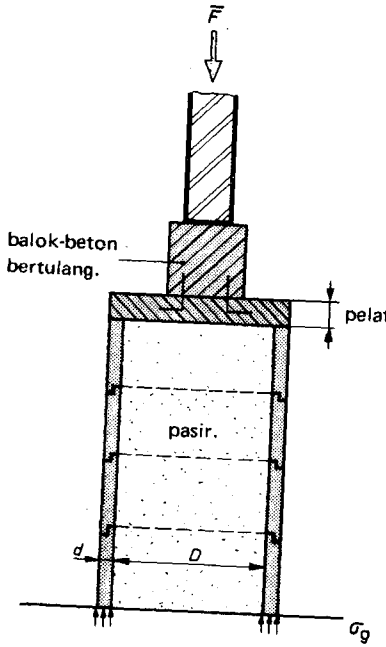
Beban *q* dipindahkan melalui sebuah balok-beton bertulang, yaitu *balok kap (sloof)*, kepada tiang-tiang yang dibangun dari gelang-gelang beton.

Gelang beton itu diturunkan dengan jalan menggali dari sebelah dalam. Setelah digali, kemudian diisi dengan pasir, lalu diberi pelat tutup dari beton bertulang (gambar 15–22).

Daya dukung dapat diperbesar, dengan jalan memasang sebuah pelat alas dari beton bertulang (gambar 15–23).
Suatu fondasi dengan bis beton bertulang, sesungguhnya adalah fondasi di atas baja pada lapisan pendukung yang kuat, yang terletak dalam sekali.

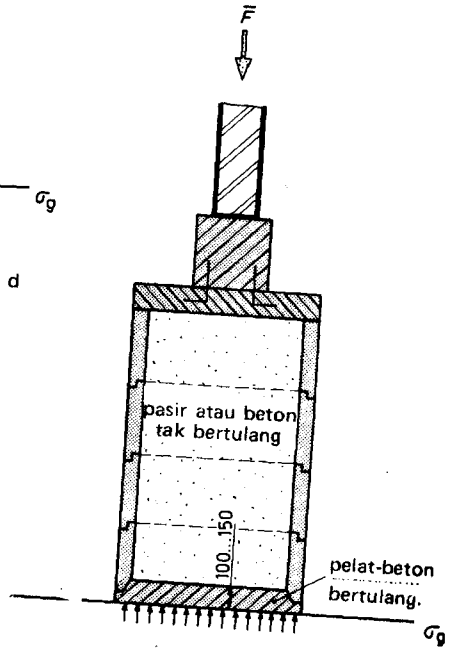


Gambar 15–21



$\bar{F} = \bar{\sigma}_g \cdot A_{\text{gelang}} \approx \bar{\sigma}_g \cdot \pi \cdot D \cdot d$

Gambar 15–22.



$\bar{F} = \bar{\sigma}_g \cdot A_{\text{pelat}} = \bar{\sigma}_g \cdot \frac{1}{4}\pi\,(D + 2d)^2$

Gambar 15–23

TUGAS 4

Hitunglah daya dukung dari sebuah bis beton bertulang seperti pada gambar 15–24, di mana berlaku:

$$d = 120 \text{ mm}, D = 1\,250 \text{ mm}, \bar{\sigma}_g = 0{,}5 \text{ N/mm}^2$$

Jawaban :

1 *Tanpa* pelat alas dari beton bertulang, di mana berlaku:

$$\bar{F} = \bar{\sigma}_g \cdot \pi \cdot D \cdot d$$

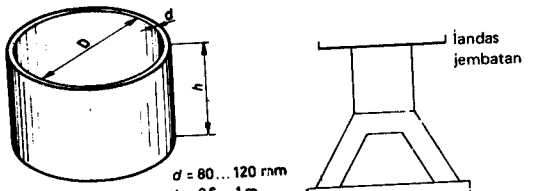
2 Dengan pelat alas dari beton bertulang (atau diisi seluruhnya dengan beton tak bertulang).

Suatu fondasi bis beton bertulang yang indah, dilaksanakan pada jembatan di atas sungai Oosterschelde (gambar 15–25). Pipa beton bertulang dibuat di darat secara ditidurkan dan dipasang dalam pekerjaan secara mengapung.

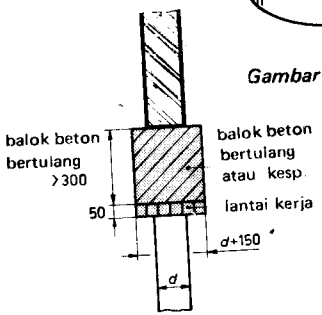
15.3 Fondasi tiang beton bertulang

15.3.1 U m u m

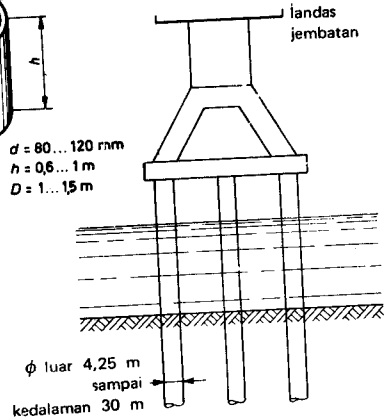
Pada fondasi bis beton bertulang, beban dinding dipindahkan ke atasnya oleh balok beton bertulang atau "kesp". Dengan cara yang sama pada fondasi tiang, beban dinding dipindahkan ke atas tiang (gambar 15–27).



Gambar 15–24



Gambar 15–26



Gambar 15–25

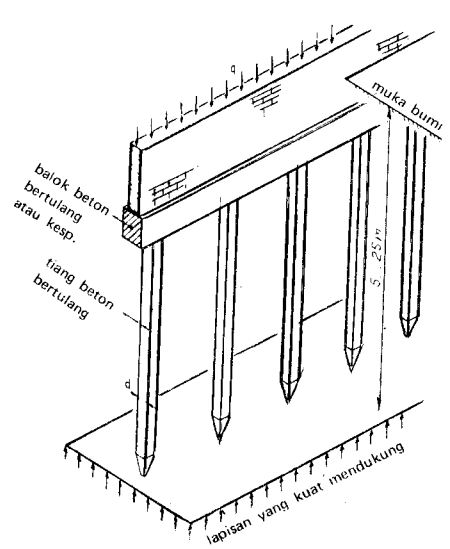
Pada suatu fondasi di atas baja atau pada fondasi bis beton bertulang, beban ini dipindahkan oleh pelat atau bis beton bertulang ke tanah, di mana selalu berlaku (gambar 15–28):

$$\bar{F} = \bar{\sigma}_g \cdot A_{\text{pelat fondasi}}$$

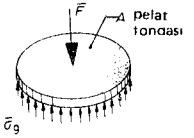
Pada suatu fondasi di atas tiang, beban ini dipindahkan dengan cara berlainan sekali oleh tiang kepada tanah. Daya dukung dari sebuah tiang ditentukan oleh (gambar 15–29): hambatan-titik + lekatan positif – lekatan negatif bila ada.

Untuk beban yang lebih kecil dari 50 . . . 150 kN (5 . . . 15 tf) dapat dilaksanakan tiang pancang dari kayu, asal tiang itu seluruhnya tiba di bawah air tanah; bila tidak demikian tiang akan rusak.

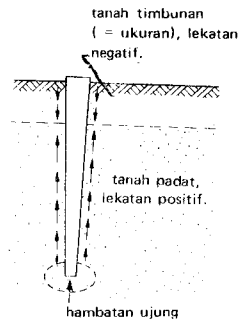
Untuk beban yang lebih besar dari 100 . . . 1000 kN (10 . . . 100 tf), biasanya dipergunakan tiang pancang beton bertulang. Batas penggunaan untuk fondasi tiang pada dasar tanah padat adalah pada 5 . . . 26 m di bawah muka bumi.



Gambar 15–27



Gambar 15–28



Gambar 15–29

15.3.2 *Ukuran dan daya dukung tiang berhubung dengan kekuatan*

a. Tiang beton bertulang

Kualitas beton: B 225. Kualitas baja : Fe B 22.
Untuk menjaga supaya tiang itu cukup kuat, kita bekerja berdasarkan ketentuan sebagai berikut (lihatlah juga gambar 15–30):

– Tiang yang lebih kecil dari 0,3 m x 0,3 m : $\bar{\sigma} = 3$ N/mm^2 = 3. 10^3 kN/m^2, jadi dengan rumus praktek (dalam nilai-bilangan):

$$[\bar{F}] = 3\ [A_{\text{tiang}}]$$

– Tiang yang lebih besar dari 0,3 m x 0,3 m : $\bar{\sigma} = 4$ N/mm^2 = 4.10^3 kN/m^2, jadi dengan rumus praktek (dalam nilai bilangan):

$$[F] = 4\ [A_{\text{pelat}}]$$

Di sini :

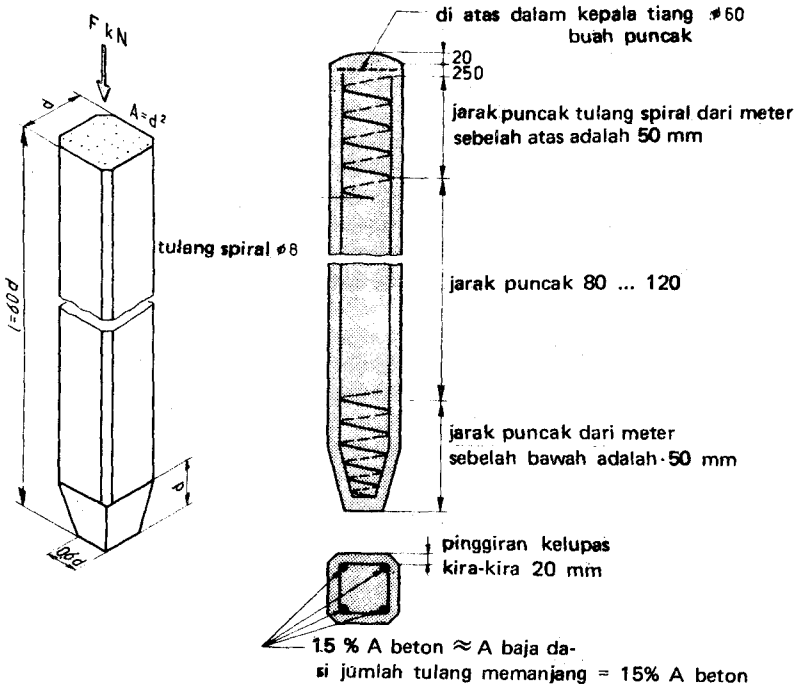
$\bar{\sigma}$ = tegangan tekuk yang diizinkan dalam tiang dalam N/mm^2.

Dalam rumus praktek nilai bilangan adalah:

$[A]$ = luas dari penampang tiang dalam mm^2;
$[\bar{F}]$ = beban tiang yang diizinkan dalam N.

b Tiang dari kayu

Secara sangat global berlaku sebagai berikut:
Luas titik dari tiang kayu beragam dari : 0,8 . . . 2 dm^2.
$\bar{\sigma}_{d//}$ untuk kayu cemara basah kira-kira 5 N/mm^2 = 50 kN/dm^2 :
$\bar{F}$ = 40 . . . 100 kN (4 . . . 10 tf).



Gambar 15–30

15.3.3 *Daya dukung dan hambatan sondasi*

Dengan jalan pemancangan tanah menjadi padat.
Pada titik pemancangan terjadi suatu tubuh kompresi (gambar 15–31), karena itu tegangan tanah yang diizinkan di bawah titik menjadi lebih tinggi.
Dengan penelitian, dapat ditentukan bahwa tiang yang lebih *kecil* dapat mencapai tegangan titik $\bar{\sigma}_p$ yang lebih tinggi. (Lihatlah juga II–7).
Daya dukung F tergantung dari hambatan titik $\bar{\sigma}_p$ yang diizinkan:

$$F = A_{\text{tiang}} \cdot \bar{\sigma}_p$$

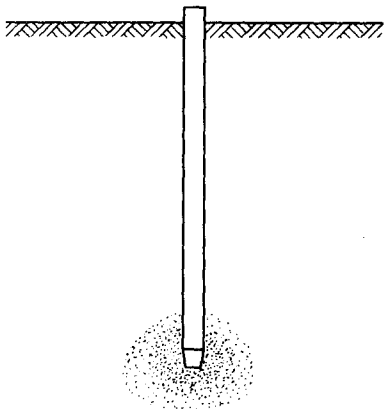
Hambatan titik σ_p yang diizinkan pada kedalaman *l* tertentu di bawah muka bumi, tergantung dari hambatan sondasi σ_s dan dari ukuran tiang *d* ; lihatlah gambar 15 – 32.

Makin besar ukuran tinggi *d*, makin dalam pula meresapnya pengaruh dari beban tiang ke dalam tanah landasan. Dalam lapisan tanah yang padat dengan hambatan sondasi yang relatif rendah dari 4 . . . 9 N/mm^2, untuk memperbesar daya dukung, kadang-kadang dilaksanakan sebuah tiang dengan bagian ujung yang diperberat (gambar 15–33).
Sebagai hambatan ujung σ_p yang dapat diizinkan pada kedalaman pancang *l*, dapat dipertahankan:

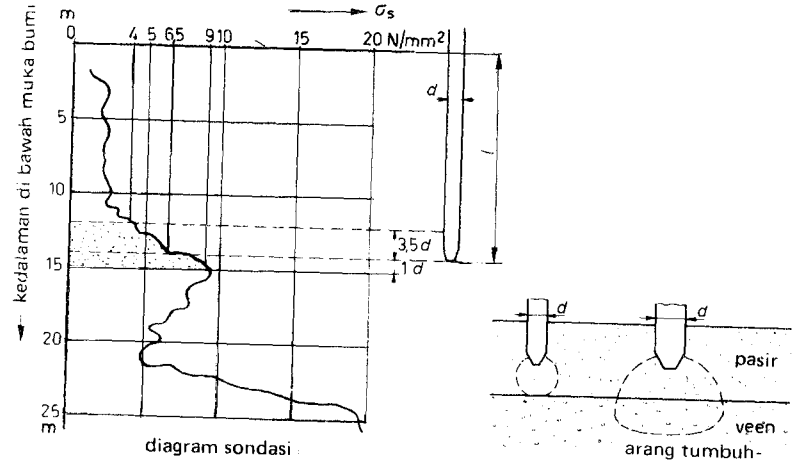
– untuk tiang dari kayu (gambar 15–34a):
  σ_p = 0,4 x hambatan sondasi rata-rata dalam daerah yang diberi titik-titik: $\overline{\sigma}_p$ = 0,4 σ_s rata-rata

– untuk tiang beton yang licin (gambar 15–34b).
  $\overline{\sigma}_p$ = 0,35 σ_s rata-rata

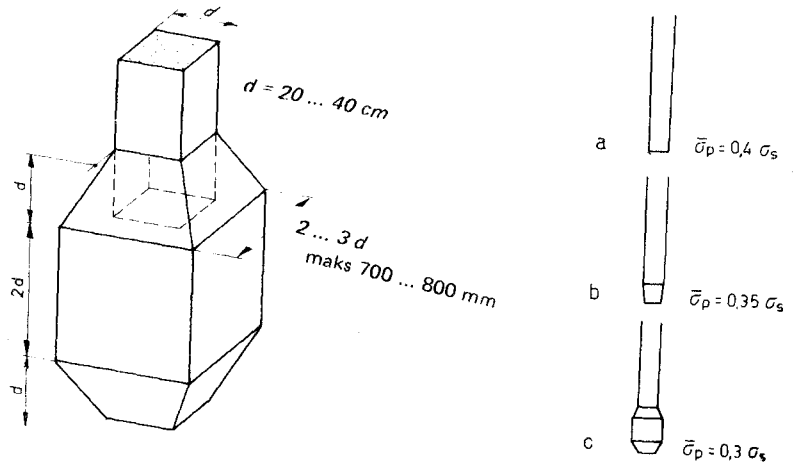
– untuk tiang beton berujung tebal (gambar 15–34c):
  $\overline{\sigma}_p$ = 0,3 σ_s rata-rata



Gambar 15–31



Gambar 15–32



Gambar 15–34

Jadi dalam hal ini, dengan hambatan sondasi yang relatif kecil dari 4 ... 9 N/ mm^2, adalah:

– untuk tiang dari kayu:

$$\bar{\sigma}_p = 0{,}4 \cdot 6{,}5 \text{ N/mm}^2 = 2{,}6 \text{ N/mm}^2 = 26 \text{ kN/dm}^2$$

– untuk tiang beton yang licin:

$$\bar{\sigma}_p = 0{,}35 \cdot 6{,}5 \text{ N/mm}^2 = 2{,}3 \text{ N/mm}^2 = 23 \text{ kN/dm}^2$$

– untuk tiang beton berujung tebal:

$$\bar{\sigma}_p = 0{,}30 \cdot 6{,}5 \text{ N/mm}^2 = 2{,}0 \text{ N/mm}^2 = 20 \text{ kN/dm}^2$$

Sebuah tiang dari kayu dengan keliling pada bagian ujung sebesar 440 mm (d = 140 mm, A = 1,54 dm^2), jadi dapat mendukung:

$$\bar{F} = 1.54 \text{ dm}^2 \cdot 26 \text{ kN/dm}^2 = 40 \text{ kN (4 tf)}$$

Sebuah tiang beton yang licin dari 3 dm. 3 dm:

$$\bar{F} = (3 \text{ dm})^2 \cdot 23 \text{ kN/dm}^2 = 217 \text{ kN (ca. 22 tf)}$$

Sebuah tiang beton berujung tebal dengan ujung sebesar 6 dm x 6 dm:

$$\bar{F} = (6 \text{ dm})^2 \cdot 20 \text{ kN/dm}^2 = 720 \text{ kN (72 tf)}$$

Umpamakan, bahwa tiang beton yang licin dan tiang ujung yang tebal, kedua-duanya mempunyai bumbung (= schacht) sebesar 3 dm x 3 dm. Jadi yang mengenai kekuatannya berlaku:

$$\bar{F} = (3 \text{ dm})^2 \cdot 30 \text{ kN/dm}^2 = 270 \text{ kN}$$

Untuk tiang yang licin, beban dari 220 kN yang menentukan. Untuk tiang-ujung yang tebal, beban dari 270 kN yang menentukan.

Pertanyaan :

Berapakah seharusnya berat bumbung dari tiang ujung, agar $\bar{F}$ = 720 kN?

Jawaban :

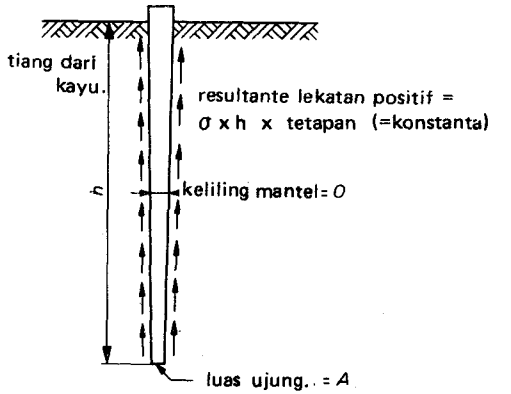
$$F = 4[A_{\text{pelat}}] = 720 \cdot 10^3 \text{ N (72 tf)}$$

dari mana ternyata: A = ... (lihatlah juga halaman 64).

Perhitungan ini *kelihatannya* agak teliti. Akan tetapi perhitungan itu janganlah terlampau diandalkan. Terutama untuk tiang dari kayu, masih

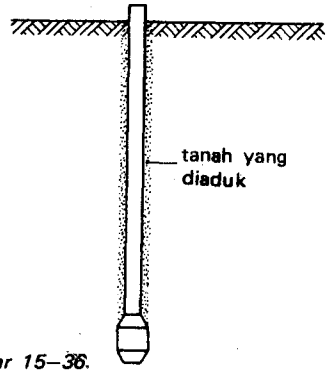
ada faktor lain, seperti lekatan, yang mempunyai pengaruh besar.

Daya dukung dari tiang kayu, pada lekatan positif menjadi jauh lebih besar, yang disebabkan oleh perbandingan yang baik dari luas mantel dengan luas ujung dan bentuk yang tirus dari tiang kayu (gambar 15–35).



Gambar 15–35

Selanjutnya "pemancangan dengan lekatan" harus dicegah sebanyak mungkin. Pada tiang ujung yang tebal, pasti tidak boleh lagi diharapkan lekatan positif (gambar 15–36).



Gambar 15–36.

TUGAS 5

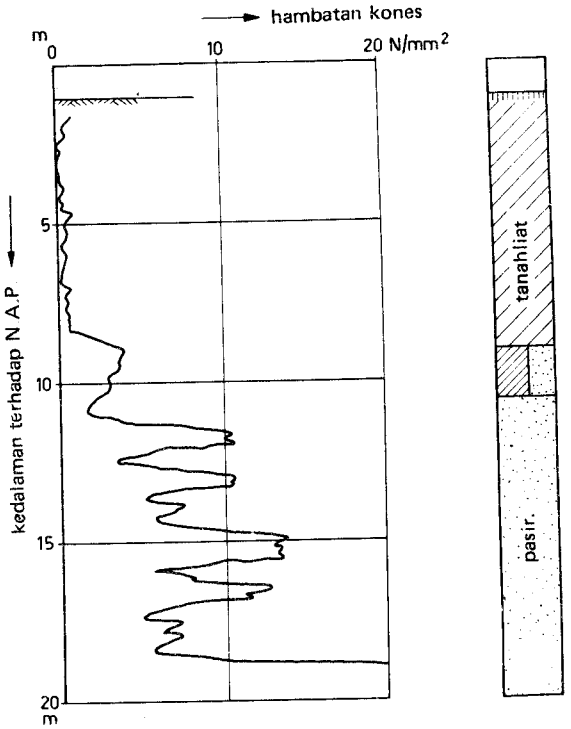
Hitunglah secara global daya dukung dari sebuah tiang kayu dengan penampang-ujung $\sigma_s = 150\ \text{kN/dm}^2$ nilai sondasi

$\bar{\sigma}_p = \ldots\ \sigma_s$

$\bar{F} = A \cdot \bar{\sigma}_p = \ldots\ \text{kN} = \ldots\ \text{tf}$ (lekatan positif atau lekatan negatif tidak dihitung).

TUGAS 6

Diketahui suatu pemboran tanah dan sondasi dalam seperti pada gambar 15–37.



Gambar 15–37

Berapakah besarnya daya dukung dari sebuah tiang beton bertulang dengan penampang sebesar 3 dm x 3 dm, jikalau tiang ini:

a. dipancang sampai kedalaman 11 m ÷ NAP;
b. dipancang sampai kedalaman 14 m ÷ NAP;
c. dipancang sampai kedalaman 18 m ÷ NAP?

(Ingatlah kepada kekuatan tiang; tidak perlu diperhatikan lekatan negatif, bila ada).

Lekatan negatif

Kecuali beban yang dipindahkan langsung kepada kepala tiang melalui balok beton bertulang, tiang itu kadang-kadang masih dibebani pula oleh apa yang dinamakan *lekatan negatif.*

Jikalau tiang melalui lapisan-lapisan yang telah padat (tanah liat, arang tumbuh-tumbuhan), yang terpengaruh oleh pengendapan (umpamanya pada tanah timbunan), lapisan-lapisan itu melakukan gaya (geseknya) yang mengarah ke bawah pada keliling tiang, yaitu yang dinamakan lekatan negatif.

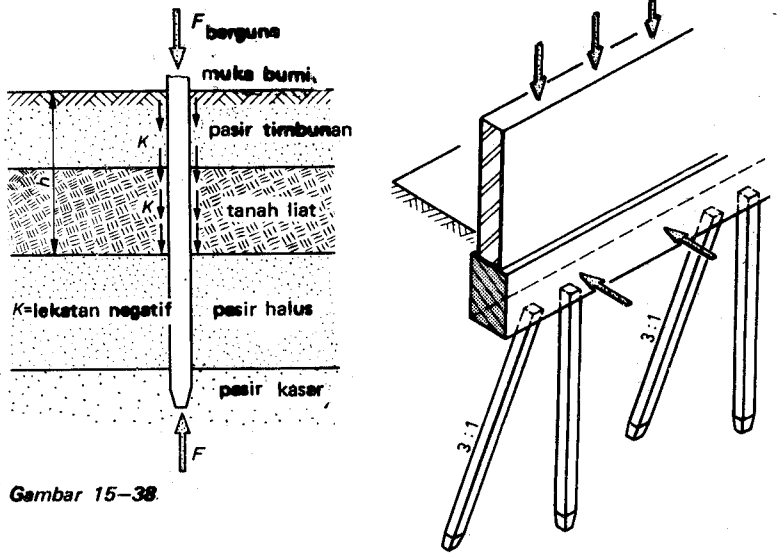
Jadi lekatan negatif itu memberi beban-tambahan kepada tiang. Secara sangat global berlaku (gambar 15–38):

$$K \approx \{O\} \cdot \{h\}^2\ \text{kN},$$

di mana: K = jumlah lekatan negatif
$\{O\}$ = nilai-bilangan dari keliling tiang dalam m;
$\{h\}$ = nilai-bilangan dari ukuran tebal lapisan, yang dapat memadat dalam m.

Di sini berlaku:

$$F_{\text{berguna}} \leqq \bar{F} - K$$



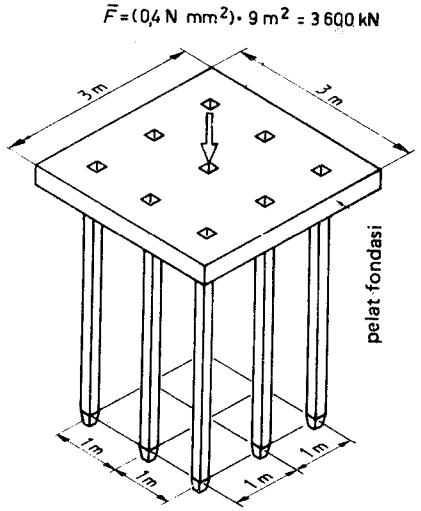
Gambar 15–38

Tiang pancang dan kolom yang dibebani dengan berat, kerapkali difondasikan di atas berkas tiang. Daya dukung dari berkas tiang, *tidak* bertambah besar dengan jalan memancang lebih banyak tiang pada luas bidang yang sama besar atau dengan jalan menggunakan tiang-tiang yang lebih berat.

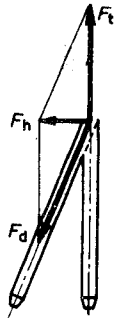
Pada lapisan-pasir yang terletak di dalam, diambil sebagai angka rata-rata pada seluruh bidang $0{,}35 \ldots 0{,}5\ \mathrm{N/mm^2}$ - dari pelat-fondasi (gambar 15–39).

Jikalau pada suatu fondasi bekerja gaya horisontal yang penting, dipergunakan tiang penopang dengan condong maksimum: 1 horisontal terhadap 3 vertikal (gambar 15–40).

Pada kecondongan yang lebih besar, pekerjaan memancang itu sulit untuk dilaksanakan. Pada beban horisontal F_h yang diberikan, dalam tiang penopang terjadi suatu gaya tekan F_d dan dalam tiang vertikal suatu gaya tarik F_t.



Gambar 15–39



Gambar 15–40

Gaya-tarik F_t yang diizinkan pada tiang, sangat tergantung dari jenis tanah dan dari bentuk tiang dan harus ditinjau keadaan demi keadaan. Secara sangat global dapat dipertimbangkan 15 . . . 20 kN pada tiap meter ukuran panjang tiang.

Catatan :

Masih banyak terdapat jenis fondasi-tiang yang lain; akan tetapi di sini selalu berlaku prinsip yang telah dibahas sebelum ini.

15.3.4 *Pengeraman*

Untuk pengeraman sebuah tiang dapat dihitung secara sangat global:

$\{z\} = \frac{1}{50}\{F\}$, di mana :

$\{z\}$ = nilai bilangan dari pengeraman dalam mm;

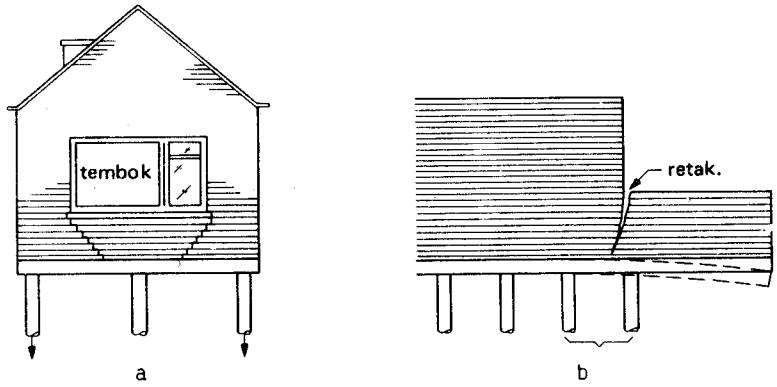
$\{F\}$ = nilai bilangan dari beban-tiang dalam kN.

Sama halnya dengan jenis fondasi *yang lain,* juga di sini berlaku, bahwa pengeraman yang *tak merata* dapat menimbulkan retak-retak (gambar 15–41; untuk pedoman sehari-hari lihatlah halaman 56).

Pelaksanaan dari berbagai jenis-fondasi secara berdampingan untuk satu bangunan biasanya membahayakan.

Pada pengeraman *yang merata* (gambar 15–42): pengeraman dari fondasi di atas baja lebih besar daripada pengeraman pada fondasi di atas tiang.

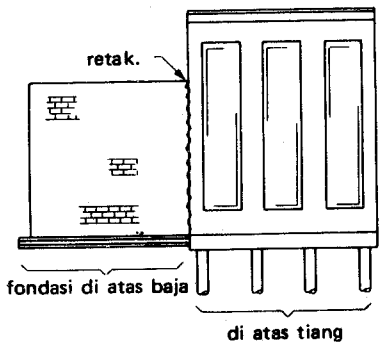
Pada pengeraman *yang tak merata* (gambar 15–43): bagian dari bangunan yang difondasikan di atas baja, tinggal "tergantung" kepada bagian yang difondasikan di atas tiang.



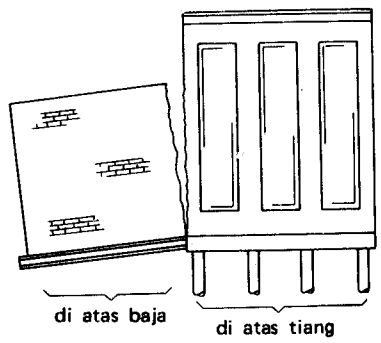
Beban tak merata : tiang tengah tak berguna; tiang sebelah luar dibebani terlampau berat; dinding bawah retak-retak

Dua buah tiang yang sebelah kanan dibebani terlampau berat oleh balok-fondasi yang menonjol ke luar terlampau besar.

Gambar 15–41



Gambar 15–42



Gambar 15–43

15.4 Ringkasan

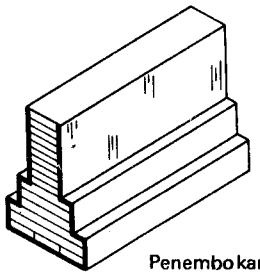
Fondasi di atas tiang

(Gambar 15–44 dan 15–45)
Dilaksanakan pada:

- bangunan yang kecil
- beban yang rendah
- tanah fondasi yang baik.

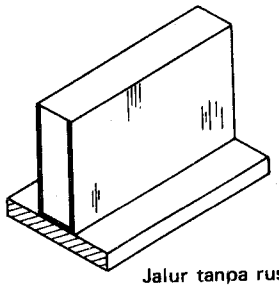
(Gambar 15–46).
Dilaksanakan pada:

- beban tak teratur atau σ_g yang tak teratur.



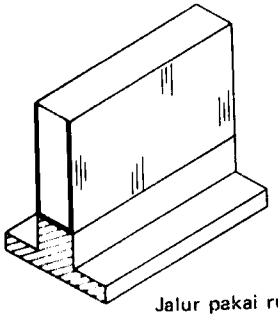
Penembokan

Gambar 15–44



Jalur tanpa rusuk

Gambar 15–45



Jalur pakai rusuk

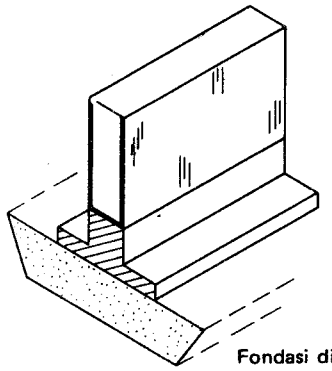
Gambar 15–46

(Gambar 15–47)
Dilaksanakan pada:

- lapisan yang kuat dukung yang terletak lebih dalam.

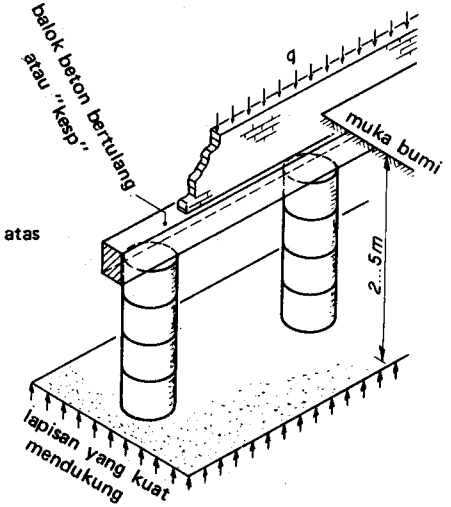
(Gambar 15–48)
Dilaksanakan pada:

- lapisan yang kuat dukung yang terletak lebih dalam lagi.



Fondasi di atas pasir uruk

Gambar 15–47



Gambar 15–48 Fondasi bis beton bertulang

Catatan:

Untuk fondasi di atas baja selalu berlaku:

1 $\sigma_g = \frac{F}{A}$ $\sigma_g \leqq \bar{\sigma}_g$ Ukuran lebar pemasangan $b \geqq \frac{q}{\bar{\sigma}_g}$

2. Pemasangan yang bebas dari pembekuan.

Fondasi di atas tiang.

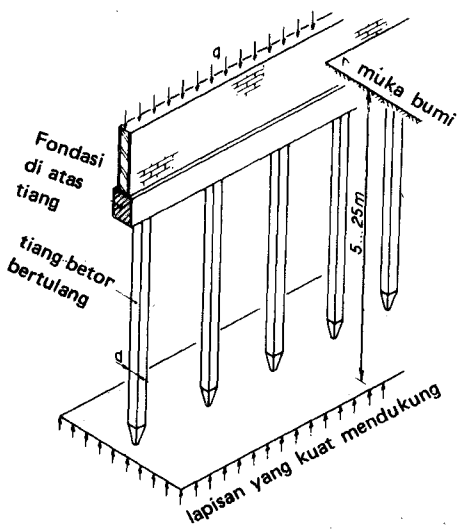
Pelaksanaan (gambar 15–49):

1. Dahulu : pekerjaan kisi tiang dari kayu
2. Sekarang :

   a. tiang dari kayu dengan balok beton bertulang. Atau: tiang dari kayu dengan balok beton bertulang dan "kesp" (sloop) (opzetter). Beban tiang: 50 . . . 80 kN. Atau:
   b. tiang beton yang licin : 200 . . . 800 kN
   c. tiang beton berujung tebal : 720 . . . 1.200 kN
   d. tiang beton yang dituang dalam tanah.

Catatan:

1. Tiang kayu harus dipancang sampai melampaui garis air tanah !
2. Jangan menggunakan berbagai jenis fondasi secara berdampingan !



Fondasi di atas tiang

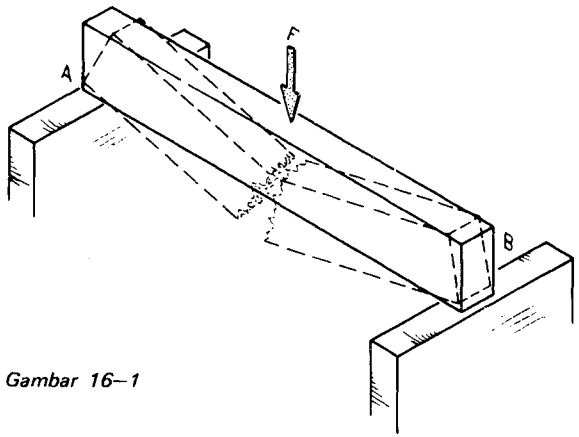
Gambar 15–49

16 LANTAI, GELAGAR

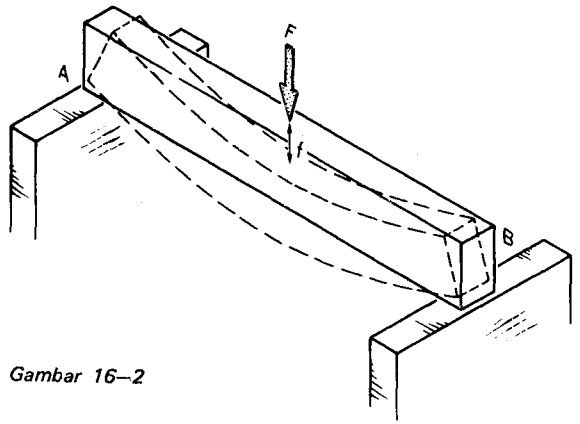
16.1 U m u m

Kekuatan.

Konstruksi bentangan (balok AB) pada gambar 16–1 tidak cukup kuat. *Kita selalu memberi persyaratan, bahwa tidak ada satu pun alat bagian konstruksi boleh melewati tegangan bahan yang diizinkan.*



Gambar 16–1



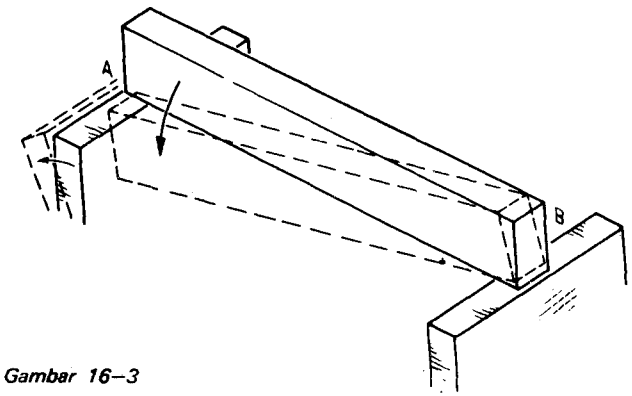
Gambar 16–2

Kekakuan

Pada gambar 16–2, pelengkungan *f* dari balok terlampau besar. Konstruksi bentangannya tidak cukup *kaku.*

Stabilitas

Dengan tiadanya titik tumpuan A, balok dalam gambar 16–3 kehilangan stabilitasnya. Sebagai syarat ditentukan bahwa, konstruksi tetap tinggal *stabil* di bawah pengaruh segala macam beban.



Gambar 16–3

16.2 Syarat kekakuan

16.2.1 Gelagar kayu

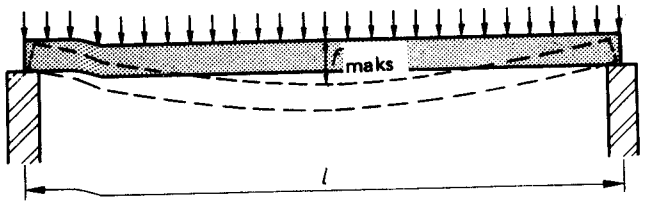
Lihatlah gambar 16–4.

Untuk $l \leqq 4{,}35$ m berlaku : $f_{maks} = 0{,}003\, l$

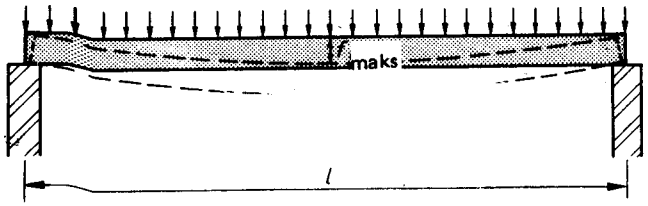
Untuk $l > 4{,}35$ m berlaku : $f_{maks} = 13$ mm.

Untuk keadaan dapat terjadinya getaran (gambar 16–5; bangsal olah raga, lantai dansa, dan sebagainya): $f_{maks} = 6$ mm.

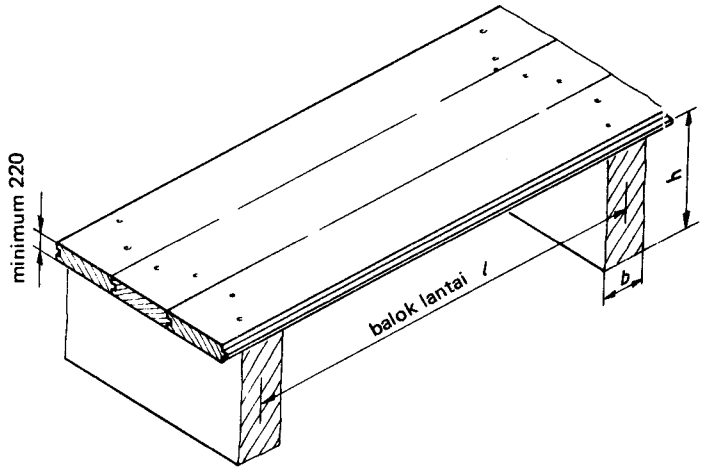
Papan lantai dari kayu (gambar 16–6; sejenis kayu cemara), tidak boleh melengkung lebih banyak dari: $f = \frac{1}{600} l$



Gambar 16–4



Gambar 16–5



Gambar 16–6

16.2.2 Gelagar baja

Di bawah pengaruh beban berguna, pelengkungan tidak boleh berjumlah lebih besar dari:

$$f_{maks} = \frac{1}{600} l$$

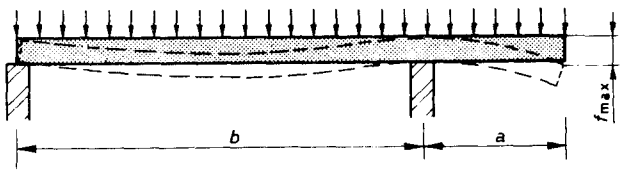
Bagian yang menonjol keluar hanya boleh melengkung $\frac{1}{400}$ × ukuran panjang bagian yang menjulai (gambar 16–7): $a < \frac{1}{400} l$.

Dalam keadaan getaran (lantai olah raga dan sebagainya) pelengkungan menjadi:

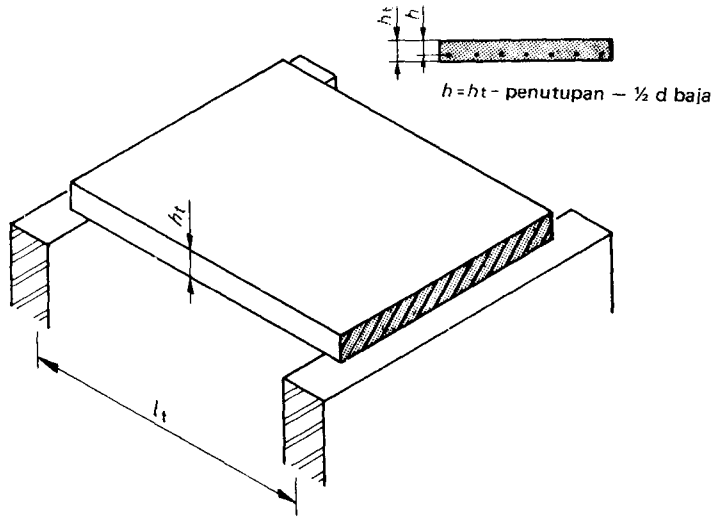
$$f_{maks} \leqq \frac{1}{800} l$$

16.2.3 *Gelagar beton bertulang*

Beton bertulang "normal" B 225 dengan baja *Fe* B 22 "normal" (gambar 16–8).
Pada balok beton bertulang, ***bobot diri*** b.d. biasanya besar bila dibandingkan terhadap ***beban berguna*** b.b. Untuk balok berlaku, bahwa bila balok itu cukup *kuat,* juga *kekakuannya* cukup besar.



Gambar 16–7



Gambar 16–8

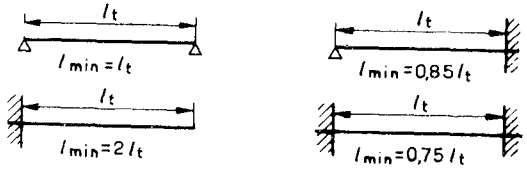
Untuk *pelat* biasanya kekakuannya itu yang menentukan. Untuk mencegah pelengkungan yang terlampau besar, haruslah:

$$h \geqq 0{,}047 \frac{\text{n.b.}}{\text{n.b.} + \text{e.g.}} l_{min}$$

dengan minimum sebesar:

$$h \geqq \tfrac{1}{35} l_{min}$$

Jikalau pelat tidak diletakkan secara berengsel, akan tetapi dijepit pada satu sisi atau pada dua sisi, maka untuk l_{min}, harus diperhitungkan nilai *yang lain* daripada bentangan teoretis (gambar 16–9).



Gambar 16–9

TUGAS 1

Umpamakan bahwa lantai beton bertulang, hanya perlu mendukung suatu beban yang kecil (rumah tempat tinggal), jadi kekuatan lantai tidak menentukan (gambar 16–10).

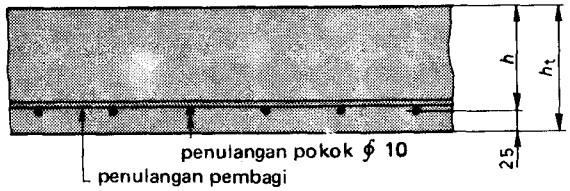
Hitunglah:

ukuran tebal minimum h_1 dari lantai beton bertulang itu pada bentangan $l_{min} = 3{,}5$ m.

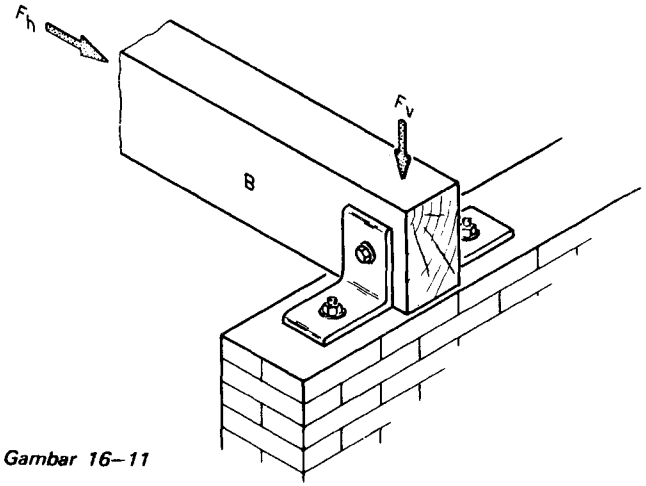
16.3 Sambungan

Juga pada waktu menyambung satu sama lain pada alat-alat bagian konstruksi (gambar 16–11), kita membedakan pengertian seperti kekakuan dan stabilitas.
Di sini sambungan itu kita bagi menurut empat cara, yaitu menurut cara alat-alat bagian itu dihubungkan satu sama lain:

1. sambungan engsel atau perletakan berengsel;
2. perletakan pakai rol;
3. penjepitan atau sambungan sudut yang kaku;
4. sambungan kendur.



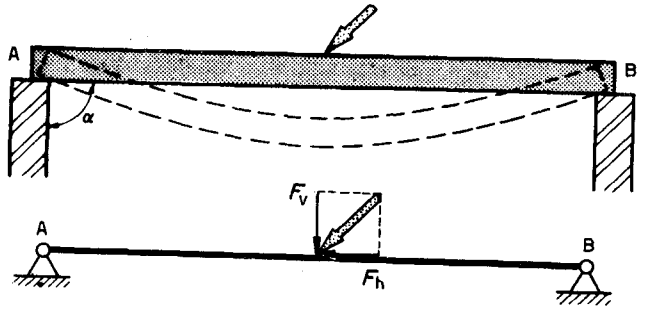
Gambar 16–10



Gambar 16–11

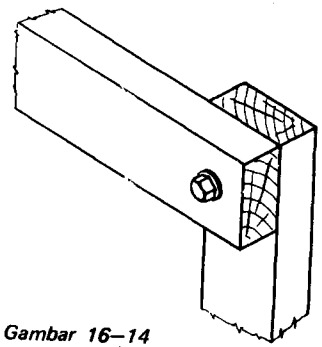
16.3.1 Sambungan engsel atau perletakan berengsel

Balok dihubungkan pada A dan B secara berengsel kepada dinding (gambar 16–12). Pada *sambungan berengsel,* sudut dapat mengalami perubahan, akan tetapi sambungan *tidak dapat berpindah tempat* dalam arah horisontal atau arah vertikal.
Secara bagan, cara konstruksi ini terlihat pada gambar 16–13. Sambungan ini dapat menerima gaya horisontal F_h dan gaya vertikal F_v.
Pada gambar 16.14 dua buah balok dihubungkan satu sama lain secara berengsel. Dalam hal ini sering juga dikatakan *sambungan sudut yang tidak kaku.*
Untuk penyajian secara bagan lihatlah gambar 16–15.

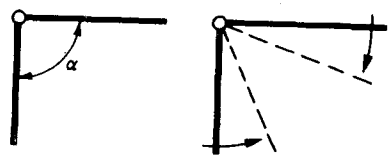


Balok AB diletakkan di atas dua buah engsel.

Gambar 16–13



Gambar 16–14

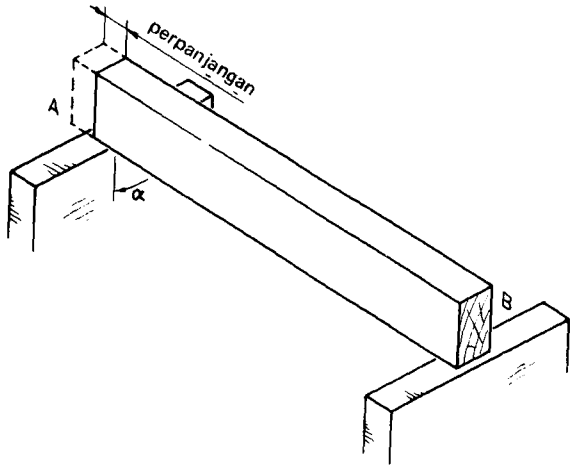


Sudut α dapat diubah dengan mudah

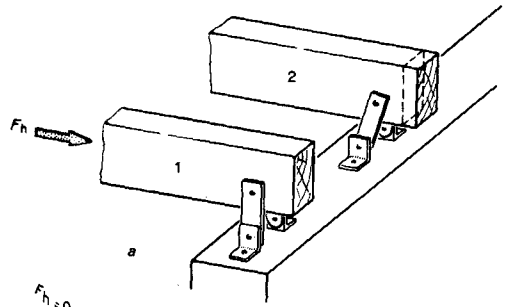
Gambar 16–15

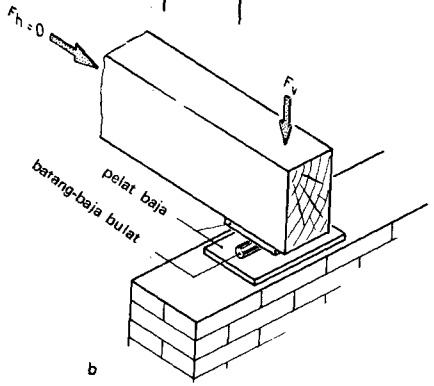
16.3.2 Perletakan pakai rol

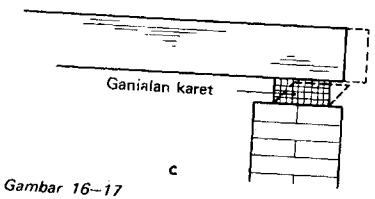
Untuk konstruksi, yang penting (jembatan, rusuk, dan sebagainya) balok AB harus dapat mengalami perubahan ukuran panjang (gambar 16–16) (perubahan suhu). Jadi dengan demikian disyaratkan suatu perletakan pakai rol dalam salah satu titik tumpuan.
Perletakan pakai rol ini tidak membangkang terhadap perubahan sudut α dan tidak juga terhadap perpindahan tempat secara horisontal. Contoh dari perletakan pakai rol pada gambar 16–17a, b dan c. Penyajian secara bagan dari sebuah balok AB dengan perletakan pakai rol terlihat pada gambar 16–18.



Gambar 16–16







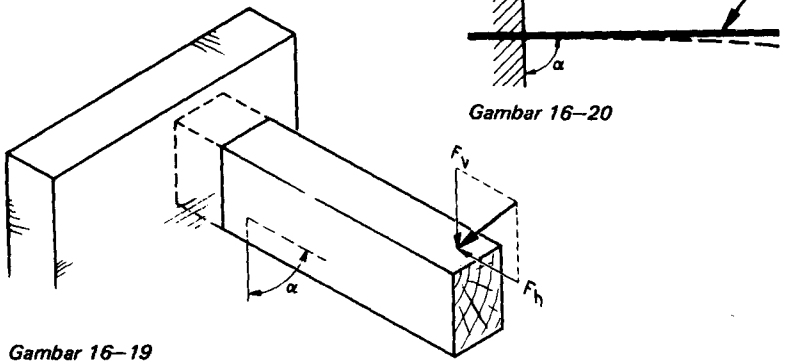
Gambar 16–17

Gambar 16–18

16.3.3 Penjepitan atau sambungan sudut yang kaku

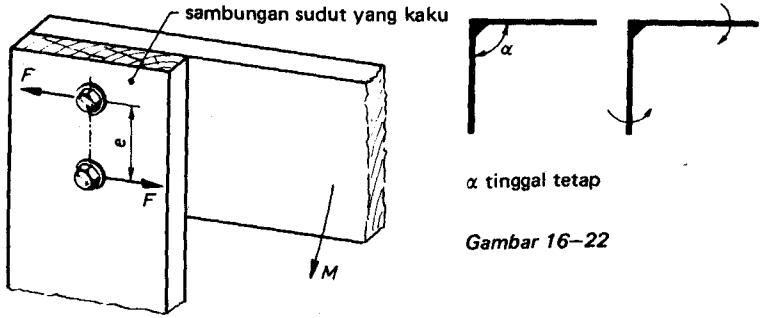
Sudut α tidak dapat mengalami perubahan. Sambungan dapat menerima gaya vertikal dan gaya horisontal (gambar 16–19 dan 16–20).

Jikalau kita ingin merubah α (gambar 16–21), dalam baut akan terjadi gaya *F* yang secara bersama-sama membentuk kopel *F.e* (gambar 16–21). Makin jauh baut-baut berada terhadap satu sama lain (*e* besar), makin besar jadinya kopel dan makin sulit pula dapat merubah α, serta makin kaku jadinya sambungan.
Penyajian secara bagan pada gambar 16–22.



Gambar 16–19

Gambar 16–20



Gambar 16–21

α tinggal tetap

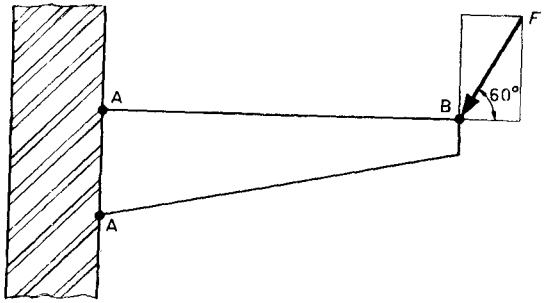
Gambar 16–22

TUGAS 2

Sebuah penyangga beton dijepit ke dalam dinding beton (gambar 16–23). Di atas B bekerja gaya $F = 100\,\text{kN}$ di bawah sudut 60^0.

Hitunglah:

F_h, F_v dan momen dalam bidang AA.



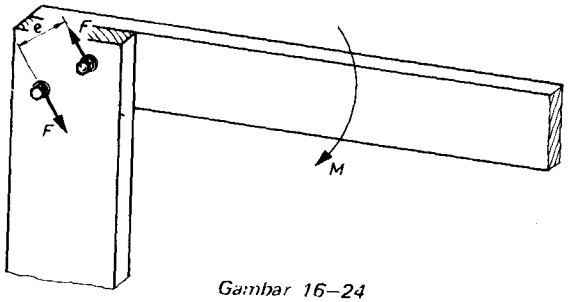
Gambar 16–23

TUGAS 3

Sebuah sambungan sudut dari dua buah balok kayu (gambar 16–24) dibuat dengan baut yang terletak 150 mm satu terhadap yang lain (*e* = 150 mm) dan yang pada tiap potongan dapat menahan gaya maksimum *F* sebesar 16 kN.

Hitunglah:

Momen *M* yang dapat diizinkan.



Gambar 16–24

TUGAS 4

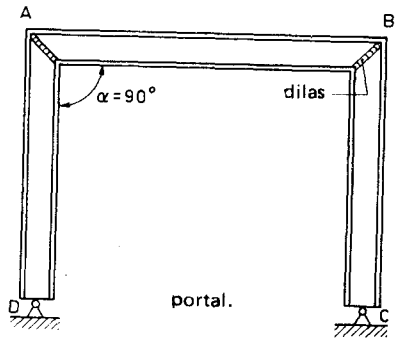
Dua buah balok kayu harus disambung satu sama lain dengan sekaku mungkin dengan sudut 90°. Tiap balok mempunyai penampang sebesar $2 \cdot 10^{4}$ mm^{2}. Kita mempunyai pilihan antara sepasang balok dari 140 mm x 142 mm atau sepasang balok dari ukuran 80 mm x 250 mm.

Ditanyakan :

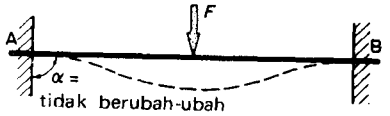
Ukuran manakah yang anda pilih dan apa sebabnya ?
Berilah sketsa dari konstruksi itu.

16.3.4 Sambungan tak kaku

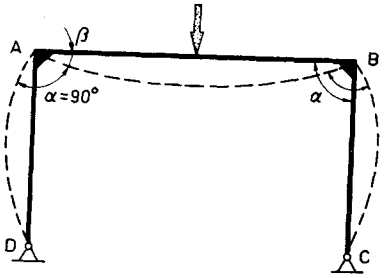
Balok AB disambungkan secara *kaku* kepada AD dan BC (gambar 16–25). Sungguhpun demikian, balok AB *tidak boleh* dilukiskan sebagai sebuah balok yang dijepit pada dua sisi seperti pada gambar 16–26.
Oleh karena adanya pembebanan konstruksi akan terjadi suatu bentuk seperti pada gambar 16–27.
Sudut α memang *tidak* berubah, akan tetapi titik sudut A dan B mengalami perputaran sudut β juga.
Jadi balok AB *tidak dijepit* dan juga *tidak diletakkan berengsel* secara murni (gambar 16–28). Terhadap perputaran sudut β akan melawan kolom AD dan BC.
Sambungan ini dinamakan tidak *begitu kaku,* bila AD dan BC memberi kurang perlawanan terhadap terjadinya suatu sudut βdan sambungan dikatakan lebih *kaku,* jikalau terjadi keadaan sebaliknya. Cara sambungannya berada antara *berengsel* dan *penjepitan* (gambar 16–29).



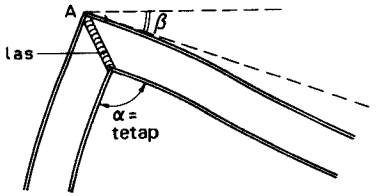
Gambar 16–25



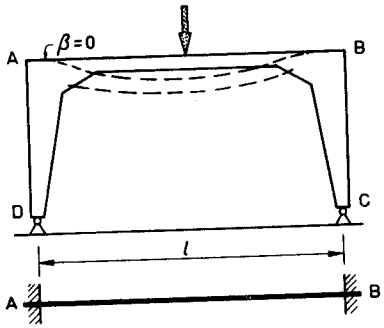
Gambar 16–26



Gambar 16–27

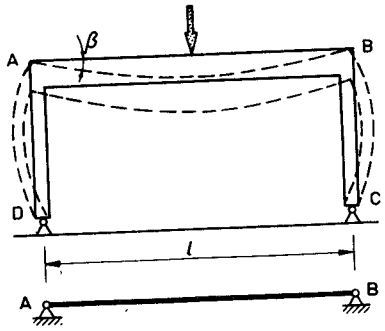


Gambar 16–28



a

Balok AB hampir dapat dipersamakan dengan sebuah balok yang diletakkan bebas pada kedua sisinya, karena AD dan BC dapat turut melengkung dengan mudah jadi dapat terjadi sebuah sudut.



b

Balok AB hampir dapat dipersamakan sebuah gelagar yang dijepit pada kedua sisi, karena AD dan BC sulit untuk turut melengkung, jadi sudut tidak dapat terjadi.

Gambar 16–29

TUGAS 5

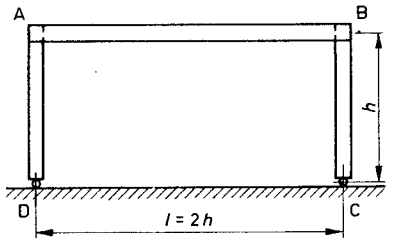
Dengan balok-balok kayu dari tugas 4, dibuat sebuah portal DABC (gambar 16–30). AD dan AB dihubungkan secara *kaku* terhadap satu sama lain dalam A (tugas 4). Ukuran panjang AD seperdua dari ukuran panjang AB ($l_{AD} = \frac{1}{2} l_{AB}$).

Ditanyakan:

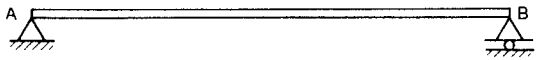
Dengan apakah AB sekarang dapat lebih dipersamakan:

a. dengan sebuah gelagar yang dijepit pada kedua sisinya atau

b. dengan sebuah balok yang diletakkan bebas pada kedua sisinya ?



Gambar 16–30



Gambar 16–31

TUGAS 6

Pertanyaan yang sama seperti pada tugas 5, akan tetapi sekarang berlaku: $l = \frac{1}{2} h$.

Catatan:

Tugas 5 dan 6 supaya dilukiskan dengan skala.

T U G A S 7

Balok AB (kayu, baja atau beton bertulang), diperlihatkan secara bagan pada gambar 16–31.

a. Lukiskanlah tiga cara konstruksi (untuk kayu, baja, dan beton bertulang), sehingga perletakan B berfungsi sebagai perletakan bergolong.
b. Seperti di atas, akan tetapi pada titik A dihubungkan secara tak kaku pada tempat perletakannya.
c. Seperti di atas, akan tetapi sekarang dengan sambungan yang kaku.
d. Seperti di atas, akan tetapi sekarang dengan perletakan berengsel.

16.4 Lantai dan gelagar

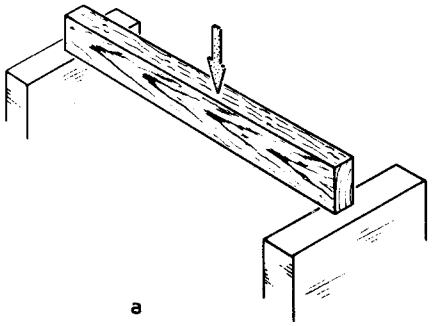
16.4.1 Beban

Gelagar dapat dibebani menurut berbagai macam cara, antara lain menurut cara pada gambar 16–32.

16.4.2 Penampang

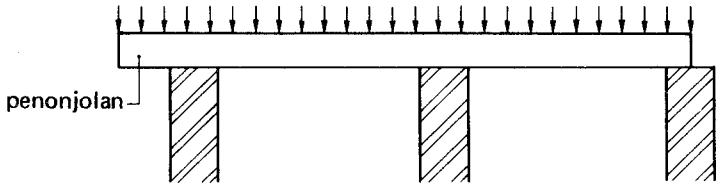
Gelagar dapat memiliki sebuah penampang homogen (seluruh penampang terdiri dari bahan yang sama) atau sebuah penampang yang tidak homogen (gambar 16–33).

Kecuali penampang gelagar ini, konstruksi pada gambar 16–34 ini sangat banyak terdapat.



a

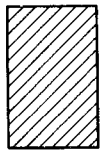
a) Gelagar di atas dua buah titik tumpuan dibebani oleh suatu beban titik.



b

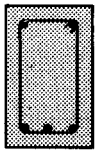
b). Gelagar di atas tiga buah titik tumpuan dengan penonjolan yang dibebani oleh beban yang terbagi merata.

Gambar 16–32



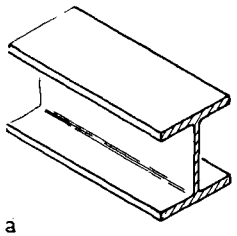
Penampang segi panjang homogen (balok dari kayu, balok baja).

Gambar 16–33a



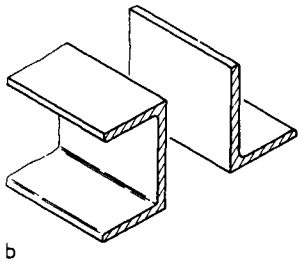
Penampang segi panjang yang tidak homogen (balok beton bertulang, balok beton pratekan).

Gambar 16–33b



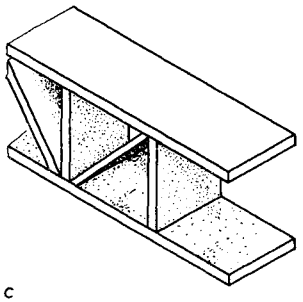
a

Profil–I
(baja, kayu, beton bertulang, beton pratekan).



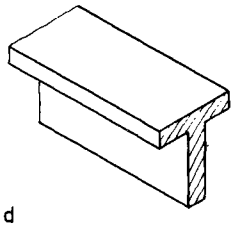
b

Profil–I dan L
(Terutama baja dan kayu).



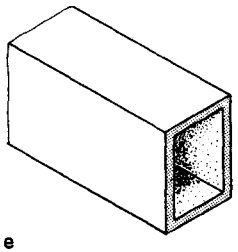
c

Konstruksi bersusun
(terutama baja).



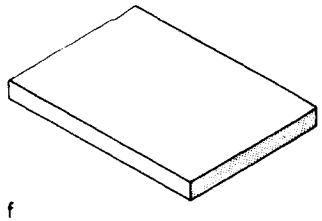
d

Profil–T
(baja, kayu, beton bertulang beton pratekan).



e

Profil-tabung
(baja, kayu, beton bertulang, beton pratekan).



f

Konstruksi pelat
(terutama beton bertulang)

Gambar 16–34

16.4.3 Pedoman sehari-hari

Ukuran yang diperlukan dari suatu gelagar tergantung dari sangat banyak faktor (beban, bahan, bentangan, syarat kekakuan, ekonomi, estetika). Secara sangat global berlaku pedoman sehari-hari sebagai berikut.

a Kayu

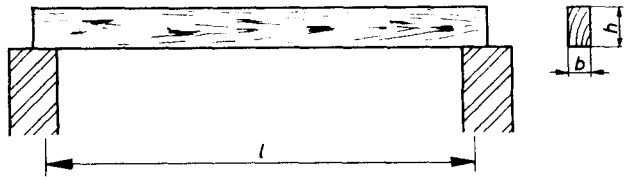
Lantai dari rumah tempat tinggal dan sebagainya (gambar 16–35; semacam kayu cemara, penampang segi panjang).

Batas penggunaan:

$l \approx 0 \ldots 6$ m

$h \approx \frac{1}{20} l$

$b \approx \frac{1}{60} l$



Gambar 16–35

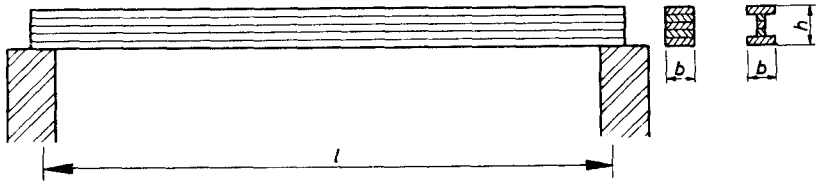
Profil yang direkat, tersusun dari papan kayu cemara yang direkat secara berimpit (gambar 16–36).

Batas penggunaan:

$l \approx 6 \ldots 15$ m

$h \approx \frac{1}{20} l$

$b \approx \frac{1}{60} l$

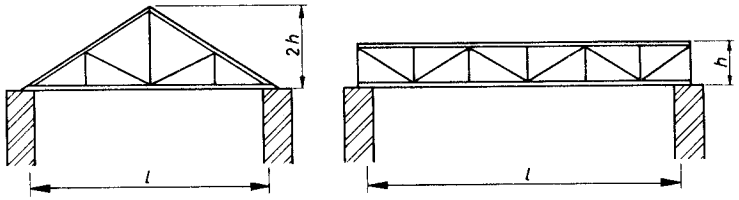


Gambar 16–36

Konstruksi bersusun (gambar 16–37)
Batas penggunaan:

$$l \approx 4 \ldots 20 \text{ m}$$

$$h \approx \tfrac{1}{7} \ldots \tfrac{1}{10} l$$



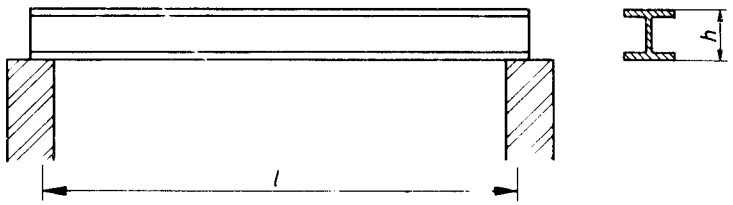
Gambar 16–37

b Baja

Profil I (gambar 16–38).
Batas penggunaan:

$$l \approx 2 \ldots 15 \text{ m}$$

$$h \approx \tfrac{1}{25} l$$



Gambar 16–38

Konstruksi atap dibebani lebih ringan:

$$l \approx 2 \ldots 15 \text{ m}$$

$$h \approx \tfrac{1}{35} l$$

Konstruksi bersusun dilaksanakan bila $l > 10$ m (lihat selanjutnya di bawah "Kayu").

c. Beton bertulang.

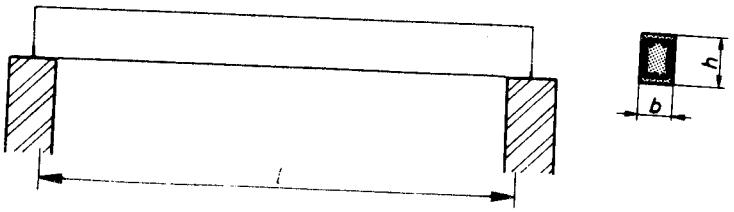
Balok segi panjang (gambar 16–39).
Batas penggunaan:

$$l \approx 0 \ldots 8 \text{ m (lantai)}$$

$$l \approx 0 \ldots 14 \text{ m (atap)}$$

$$h_1 \approx \tfrac{1}{12} l$$

$$b \approx \tfrac{1}{2} \ldots \tfrac{1}{4} h$$

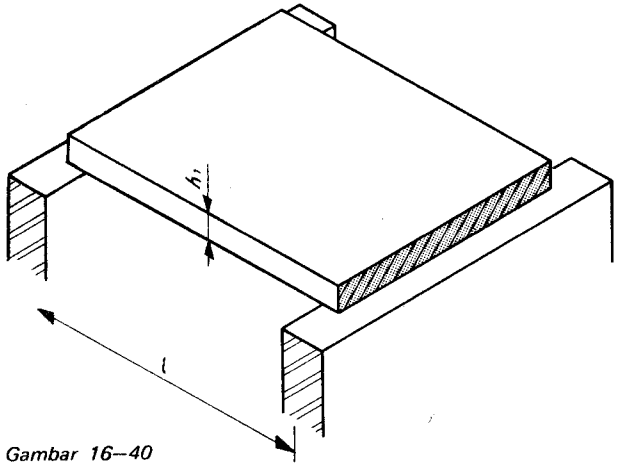


Gambar 16–39

Pelat (gambar 16–40)
Batas penggunaan:

$$h \approx 0 \ldots 6 \text{ m}$$

$$h_1 \approx 80 \ldots 250 \text{ mm}$$



Gambar 16–40

Kontruksi pratekan
1 dengan kabel — batas penggunaan $l > 15$ m → $h \approx \frac{1}{20} l$
2 beton dawai — batas penggunaan $l \approx 6 \ldots 12$ m → $h \approx \frac{1}{15} l$

16.4.4 Balok beton bertulang dan pelat beton bertulang

Untuk penampang segi panjang homogen telah didapatkan (gambar 16-41 dan III–13):

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad \text{dengan } W = \tfrac{1}{6} b \cdot h^2$$

Jadi momen yang dapat diterima adalah:

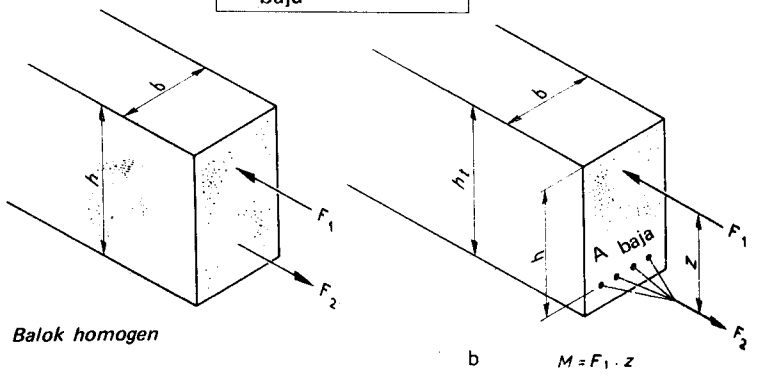
$$\boxed{\overline{M} = \tfrac{1}{6}\bar{\sigma} \cdot b \cdot h^2 = c \cdot b \cdot h^2}$$

di mana c merupakan suatu ketetapan (konstante).
Jikalau sebuah balok beton bertulang cukup kuat, maka balok itu juga cukup kaku. Balok tersebut dihitung hanya pada kekuatannya saja. Untuk balok beton bertulang yang tak homogen (untuk beton normal B 225 – Fe B 22), dalam teori untuk beton bertulang dijabar suatu rumus yang sejenis seperti untuk balok yang homogen (gambar 16–42):

$$\boxed{\overline{M} = 1{,}4\, bh^2 \text{ Nmm}}$$

Di sini untuk jumlah suatu penampang baja A_{baja} harus diatur:

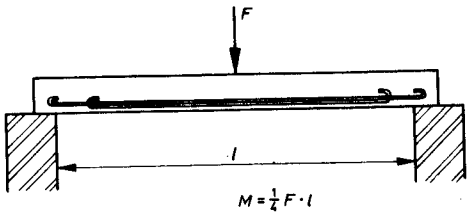
$$\boxed{A_{\text{baja}} = 0{,}012 b \cdot h}$$



Balok homogen

b $M = F_1 \cdot z$

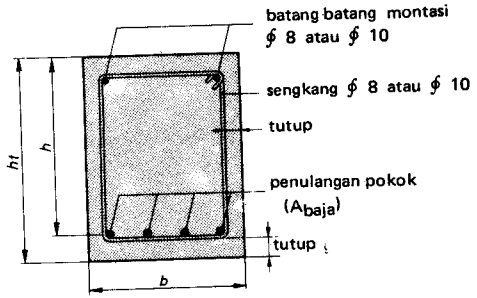
Gambar 16–41



a

Balok beton bertulang

Gambar 16–42



Gambar 16–43

Yang mengenai tutup beton (gambar 16–43), berlaku tabel sebagai berikut :

konstruksi	tutup		
	dalam	luar	tak tampak
	mm	mm	mm
pelat lantai	10	15	20
dinding	15	20	25
balok	20	25	30
kolom	25	30	35

Pertanyaan :

1. Apakah sebabnya dalam V.B. '72 (Peraturan Beton th 1972) ditentukan suatu macam tutup beton tertentu ?
2. Apakah sebabnya tutup beton untuk kolom lebih besar daripada untuk lantai ?

CONTOH 1

Balok kayu api

Lihatlah gambar 16–44:

$$M = \tfrac{1}{6}\bar{\sigma} \cdot b \cdot h^2$$

$$= \tfrac{1}{6}(7\ \mathrm{N/mm^2}) \cdot 150\ \mathrm{mm} \cdot 300^2\ \mathrm{mm^2}$$

$$= \tfrac{7}{6} \cdot 1{,}5 \cdot 3^2 \cdot 10^6\ \mathrm{N \cdot mm}$$

$$= 15{,}75\ \mathrm{kN \cdot m}$$

Balok beton bertulang

Lihatlah gambar 16–45:

$$\bar{M} = (1{,}4\ \mathrm{N/mm^2}) \cdot 150\ \mathrm{mm} \cdot 265^2\ \mathrm{mm^2}$$

$$= 1{,}4 \cdot 1{,}5 \cdot 2{,}65^2 \cdot 10^6\ \mathrm{N \cdot mm}$$

$$= 14{,}8\ \mathrm{kN \cdot m}$$

$$A_{\text{baja}} = 0{,}012 \cdot b \cdot h$$

$$= 0{,}012 \cdot 150\ \mathrm{mm} \cdot 265\ \mathrm{mm}$$

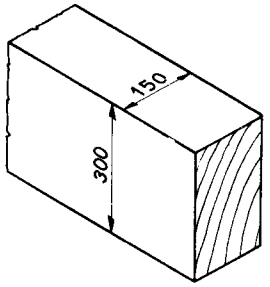
$$= 480\ \mathrm{mm^2}$$

3 ϕ 14 mm (tiga batang ϕ 14 mm).

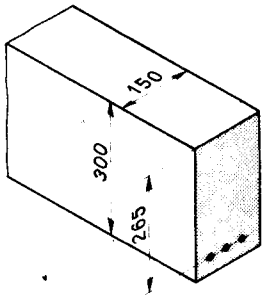
Catatan:

tutup	= 20 mm
ukuran tebal sengkang	= 8 mm
seperdua ukuran tebal batang	= 7 mm
	35 mm

Jadi jumlah ukuran tinggi balok = 265 mm
Lihatlah juga gambar 16–45.



Gambar 16–44



Gambar 16–45

Jadi sebuah balok dari *kayu api* dan sebuah *balok beton bertulang* dengan ukuran yang sama besar, kira-kira dapat menahan momen M yang sama (kekakukan diabaikan).

Dengan demikian beban berguna yang dapat didukung oleh balok beton bertulang, jauh lebih kecil daripada untuk balok dari kayu, karena bobot diri dari balok beton kira-kira 3 . . . 4 kali lebih besar daripada bobot diri kayu.

TUGAS 8

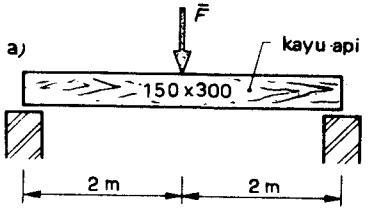
a. Hitunglah, untuk keadaan pada gambar 16–46 dan pada gambar 16–47, berapa besarnya gaya $\bar{F}$ yang diizinkan yang bekerja pada balok ini dengan mengingat kekuatan balok dan dengan mengabaikan bobot diri dari balok.

b. Pertanyaan yang sama seperti pada a, akan tetapi sekarang bobot diri tidak diabaikan.

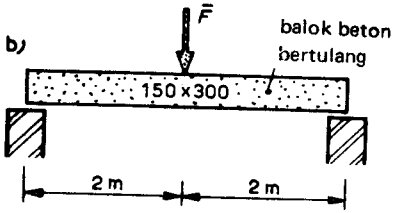
c. Apakah gaya yang sama sebagaimana yang dihitung pada a juga dapat diizinkan dengan mengingat kekakuan dari balok ?

CONTOH 2

Tentukanlah ukuran tebal d yang disyaratkan dari pelat beton bertulang dalam gambar 16–48.



Gambar 16–46



Gambar 16–47

Jawaban :

Tinjaulah suatu jalur yang lebarnya 1 m (gambar 16–48) :

– beban berguna pada jalur ini $= 4 \quad \text{kN/m}$

Taksirlah $d = 120$ mm:

– bobot diri $= 0{,}12 \text{ m} \cdot 24 \text{ kN/m}^3 \quad = 2.88 \text{ kN/m}$

q jumlah $= 6{,}88 \text{ kN/m}$ +

$$M_{\text{maks}} = \tfrac{1}{8} q \cdot l^2$$

$$= \tfrac{1}{8} \cdot (6{,}88 \text{ kN/m}) \cdot (4 \text{ m})^2 = 13{,}76 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

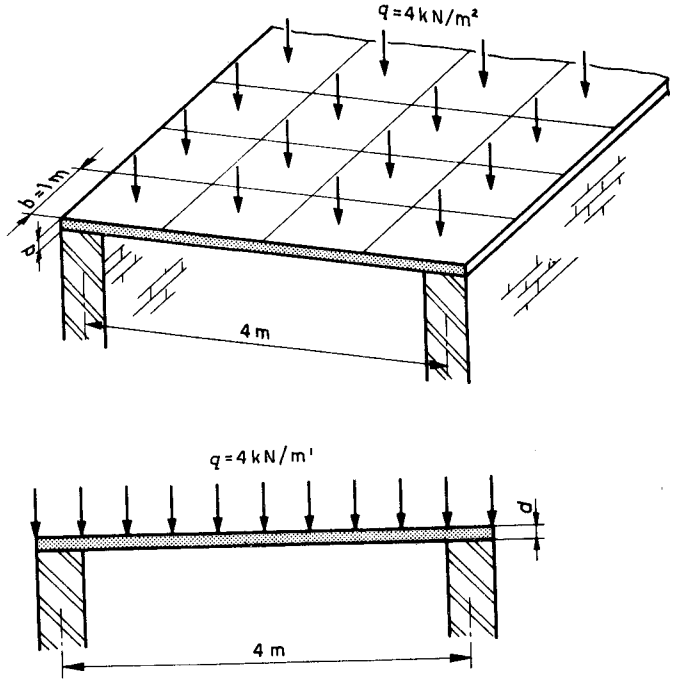
Kita ambil sebuah tutup beton dari 20 mm:

$$\bar{M} = (1{,}4 \quad \text{N/mm}^2) \cdot b \cdot h^2$$

$$= (1{,}4 \quad \text{N/mm}^2) \cdot 1\,000 \text{ mm} \cdot (d - 20 \text{ mm})^2$$

$$= (1{,}4 \quad \text{N/mm}^2) \cdot 1\,000 \text{ mm} \cdot (120 - 20)^2 \text{ mm}^2$$

$$= 1{,}4 \cdot 10^3 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm} = 14 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



Gambar 16–48

$\overline{M}$ adalah sedikit lebih besar dari momen maksimum M_{maks} yang bekerja. Jadi ukuran tebal 120 mm adalah pilihan yang baik. Jikalau pilihan itu keliru, maka perhitungan harus diulangi kembali.
Hitunglah sendiri penulangan yang dibutuhkan untuk suatu jalur yang lebarnya 1 m.

Catatan:

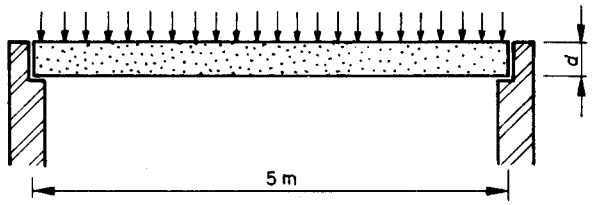
Jikalau pelat dihitung dengan dasar kekakuan (lihatlah 81), akan ternyata bahwa kekakuanlah yang menentukan dan untuk praktek ukuran tebal 120 mm jadi *tidak* mencukupi (periksalah hal ini untuk anda sendiri !).

TUGAS 9

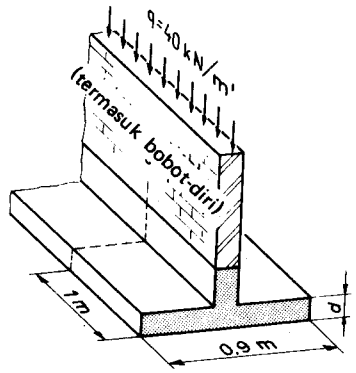
Sebuah pelat beton bertulang, harus dapat mendukung suatu beban berguna sebesar 2 kN/m2. Pelat itu diletakkan secara bebas pada kedua belah sisinya (gambar 16–49).
Tentukanlah ukuran tebal *d* yang disyaratkan. (Ingatlah kepada syarat-syarat kekakuan !)

CONTOH 3

Fondasi beton bertulang pada gambar 16–50, berhubung dengan tegangan tanah yang diizinkan, diberi ukuran lebar pemasangan sebesar 900 mm.
Tentukanlah ukuran tebal *d* yang disyaratkan dari pelat beton bertulang.



Gambar 16–49



Gambar 16–50

Jawaban:

Ambillah sebuah tutup beton dari 30 mm.
Tinjaulah suatu jalur dengan ukuran lebar dari 1 m (gambar 16–51 dan gambar 16–52):

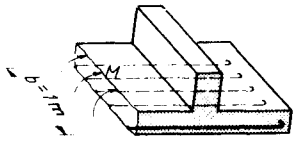
$$\overline{M} = (1{,}4 \quad \mathrm{N/mm^2}) \cdot b \cdot (d - 30\ \mathrm{mm})^2 = 4\,500\ \mathrm{N \cdot m}$$

$$\overline{M} = (1{,}4 \quad \mathrm{N/mm^2}) \cdot 1\,000\ \mathrm{mm} \cdot (d - 30\ \mathrm{mm})^2 = 4\,500\ \mathrm{N \cdot m}$$

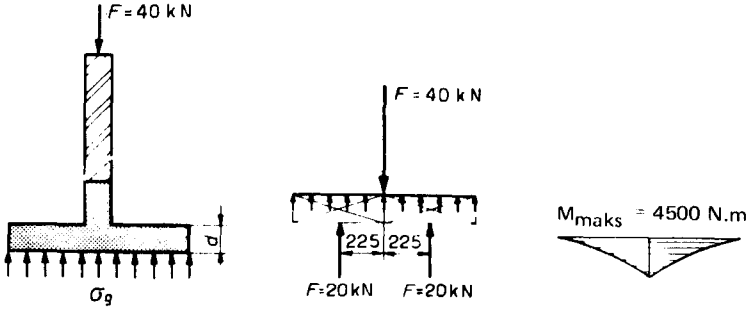
$$1{,}4 \cdot 10^3\ \mathrm{N/mm} \cdot (d - 30\ \mathrm{mm})^2 = 4{,}5 \cdot 10^6\ \mathrm{N \cdot mm}$$

$$(d - 30\ \mathrm{mm})^2 = 3{,}2 \cdot 10^3\ \mathrm{mm^2}$$

Dari sini ternyata: $d = 90$ mm
Buatlah tebal pelat sebesar 100 mm.
Juga di sini harus diteliti apakah kekakuannya tidak memerlukan ukuran tebal yang lebih besar (lihatlah 81).



Gambar 16–51



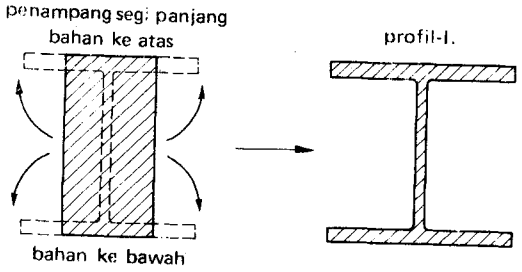
Gambar 16–52

16.4.5 Balok profil

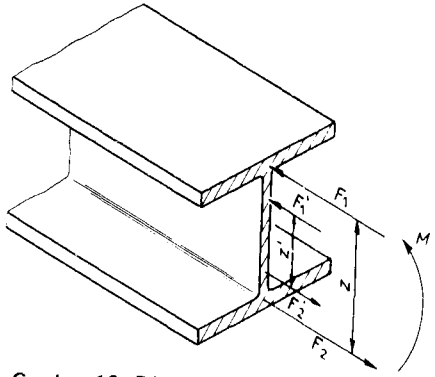
a. Profil – I

Sebuah balok profil dapat diperkirakan terjadi dari sebuah penampang segi panjang, melalui sebagian bahan yang di bawa ke atas atau ke bawah (gambar 16–53).

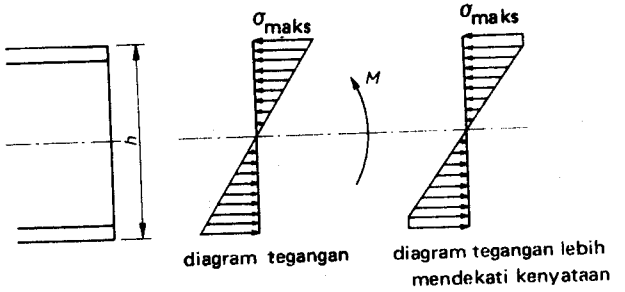
Pemindahan suatu momen lengkung oleh sebuah profil – I berlangsung menurut gambar 16–54 . . . 56:



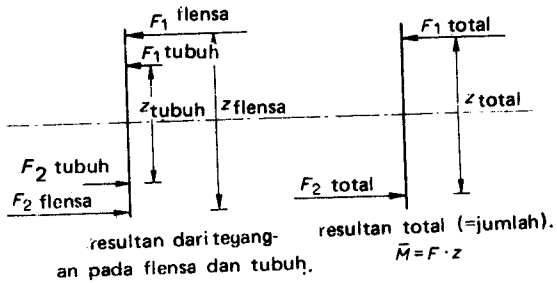
Gambar 16–53



Gambar 16–54



Gambar 16–55



Gambar 16–56

$F_1 = F_{\text{flensa}}$ = tegangan rata-rata x luas $\approx \sigma_{\text{maks}} A_{\text{flensa}}$

$F_1 = F_{\text{tubuh}}$ = tegangan rata-rata x luas $\approx \frac{1}{2}\sigma_{\text{maks}} \cdot \frac{1}{2}A_{\text{tubuh}}$

Dari diagram tegangan ternyata:

a. z jauh lebih besar dari 2/3 h (jadi lebih baik daripada penampang segi panjang).

b. "Bahan" yang terbanyak terdapat pada bagian di mana terjadi tegangan yang paling besar dan dengan demikian digunakan lebih ekonomis daripada penampang segi panjang.

Jadi dari sini ternyata:

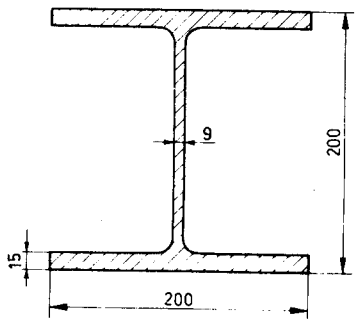
c. Profil – I adalah penampang yang lebih baik daripada penampang segi panjang.

d. Momen lengkung terutama (kira-kira 90%) dipindahkan oleh flensa (lihatlah contoh 1).

CONTOH 1

Diketahui :

Balok baja HE – B – 200 dalam gambar 16–57.



Gambar 16–57

Ditanyakan :

Berapa % dari momen M yang dipindahkan oleh flensa dan berapa % oleh tubuh ?

Jawaban:

$M_{jumlah} = M_{flensa} + M_{tubuh}$

$M_{flensa} = F_{flensa} \cdot z_{flensa} \approx \sigma_{maks} A_{flensa} \cdot z_{flensa}$

$\approx \sigma_{maks} \cdot 200.15\ mm^2 . 185\ mm.$

$M_{tubuh} = F_{tubuh} \cdot z_{tubuh} \approx \frac{1}{2} \sigma_{maks} \cdot \frac{1}{2} A_{tubuh} \cdot z_{tubuh}$

$= \frac{1}{2} \sigma_{maks} \cdot \frac{1}{2} . 1700\ mm^2 . 113\ mm.$

Jadi:

$$\frac{M_{flensa}}{M_{tubuh}} = \frac{\sigma_{maks} \cdot 200.15\ mm^2 . 185\ mm}{\frac{1}{2} \sigma_{maks} \cdot \frac{1}{2} . 1700\ mm^2 . 113\ mm} = \frac{5,55}{0,48}$$

atau :

$M_{flensa} \approx 92\% . M_{jumlah}$

dan :

$M_{tubuh} \approx 8\% . M_{jumlah}$

Untuk profil — I dari baja lainnya prosentase ini juga kira-kira demikian.

Kesimpulan:

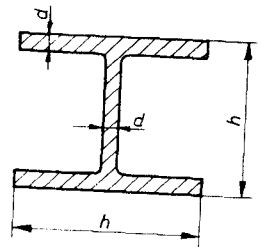
Bahan harus dibawa ke serat yang paling ujung.
Momen lengkung hampir seluruhnya dipindahkan oleh flensa-flensa saja.

PERPUSTAKAAN WILAYAH DEP. PDAN K
Jl. Walikota Mustajab. 68
SURABAYA

TUGAS 10

Buktikanlah, bahwa untuk profil — I dalam gambar 16–58, dengan h yang besar terhadap d (umpamanya $d = 3\%.h$) momen lengkung yang dapat diterima:

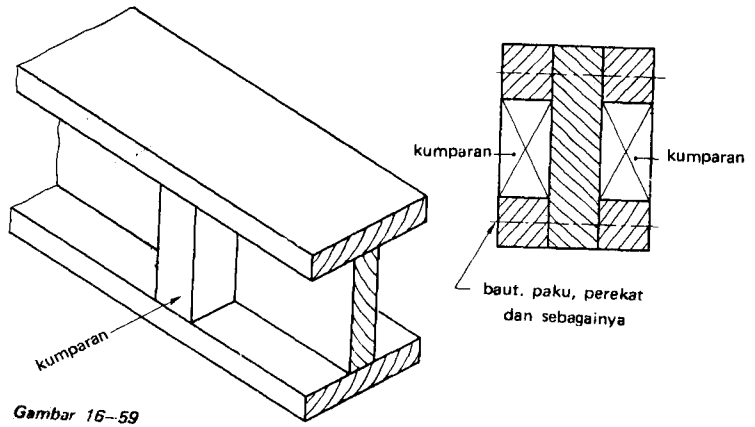
$$M \approx \sigma \cdot A_{flensa} \cdot h.$$



Gambar 16–58

TUGAS 11

Sebuah HE — A — 200 dibebani lengkung oleh sebuah momen M. Berapa % dari momen ini yang dipindahkan oleh flensa ?
Juga profil — I dari kayu (gambar 16–59) memenuhi prinsip "Bahan ke serat sebelah luar".



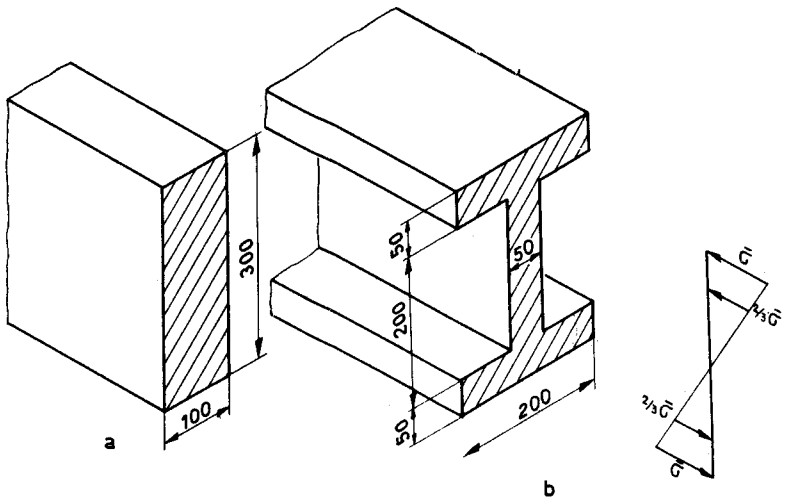
Gambar 16–59

Proyek Pengembangan Perpustakaan
Jawa Timur
T. A. 1983 / 1984

CONTOH 2

Dari sebuah balok dengan penampang segi panjang dibuat sebuah balok-profil – I.

Balok segi-panjang itu dapat menerima momen (gambar 16–60a) :



Balok kayu: luas penampang = 300 cm^2

Profil-I dari kayu :
luas penampang = 300 cm^2

Gambar 16–60

$$M = \bar{\sigma} \cdot \tfrac{1}{6} \cdot b \cdot h^2$$

$$= \bar{\sigma} \cdot \tfrac{1}{6} \cdot 100 \text{ mm} \cdot (300 \text{ mm})^2$$

$$= \bar{\sigma} \cdot 1{,}5 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Profil – I dapat menerima (gambar 16–60b):

$$\bar{M} = M_{\text{flensa}} + M_{\text{tubuh}}$$

$$M_{\text{flensa}} = \tfrac{1}{2} \left(\bar{\sigma} + 2/3\, \bar{\sigma} \right) A_{\text{flensa}} \cdot z_{\text{flensa}}$$

$$= 5/6\, \bar{\sigma} \text{ .50 mm. 200 mm. 250 mm}$$

$$= 5/6\, \bar{\sigma} \text{ .2,5. } 10^6 \text{ mm}^3$$

$$M_{\text{tubuh}} = \tfrac{1}{2} (2/3\, \bar{\sigma}) \quad \tfrac{1}{2} A_{\text{flensa}} \cdot z_{\text{tubuh}}$$

$$= 1/3\, \bar{\sigma} \text{ .50 mm.100 mm. 2/3. 200 mm}$$

$$= 2/9\, \bar{\sigma} \text{ .} 10^6 \text{ mm}^3.$$

Jadi:

$$\bar{M} = \bar{\sigma} \text{ (5/6. 2,5 + 2/9). } 10^6 \text{ mm}^3$$

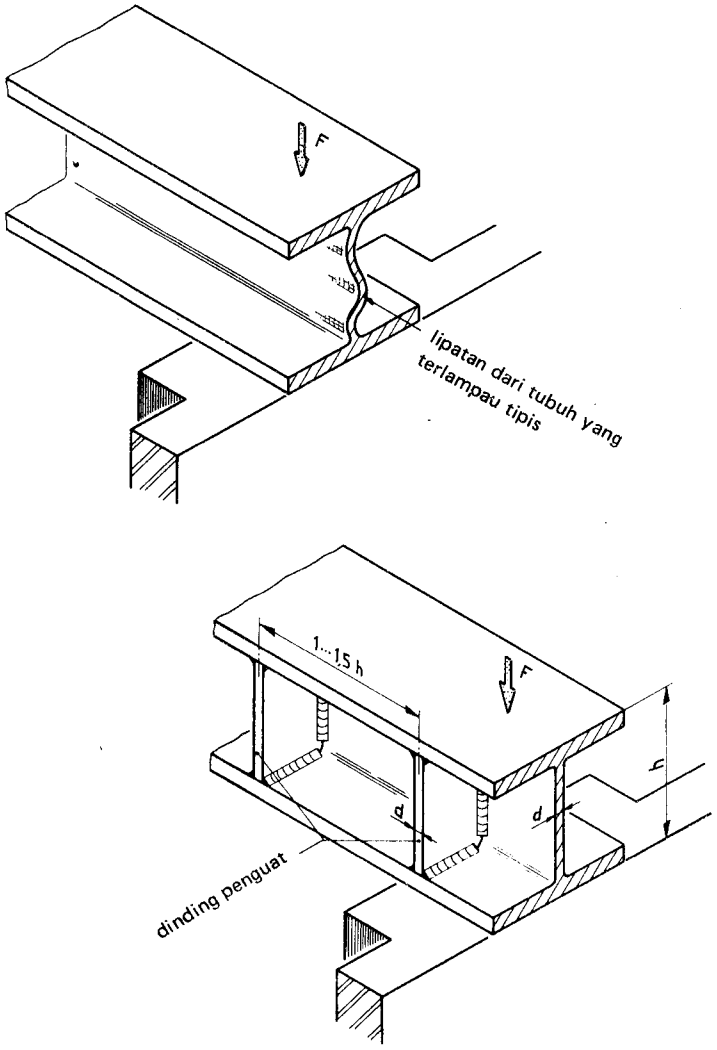
$$= \bar{\sigma} \text{ .2,3. } 10^6 \text{ mm}^3.$$

Jadi profil – I kira-kira dapat menerima sebuah momen yang 50% lebih besar daripada penampang segi panjang pada pemakaian bahan yang sama besar. Balok profil dapat memberikan hasil yang lebih sempurna lagi, bila digunakan tubuh yang lebih tipis dan flensa yang lebih lebar.

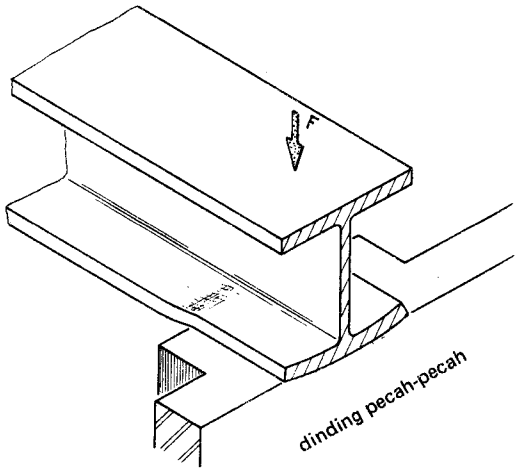
Dengan memperbesar lengan tuas dalam z, kita terikat kepada pembatasan berhubung dengan bahaya lipatan dari tubuh (terutama pada tubuh yang relatif tipis, jadi pada profil – HE dan profil – IPE; lihatlah gambar 16–61).

Bahaya lipatan dari tubuh dapat dicegah dengan mengadakan dinding-dinding penguat.

Dinding penguat juga mencegah pelengkungan flensa (terutama pada flensa yang relatif tipis; gambar 16–62).
Dinding penguat supaya *selalu* dibuat, bila pada balok bekerja beban titik yang besar (suatu reaksi perletakkan merupakan juga sebuah beban titik; gambar 16–63).

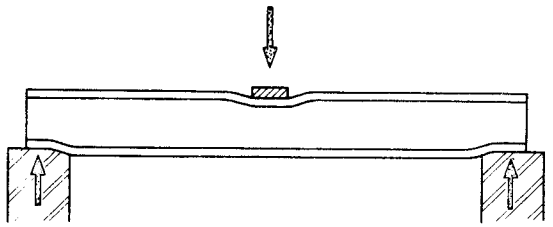


Gambar 16–61



Pelengkungan flensa

Gambar 16–62



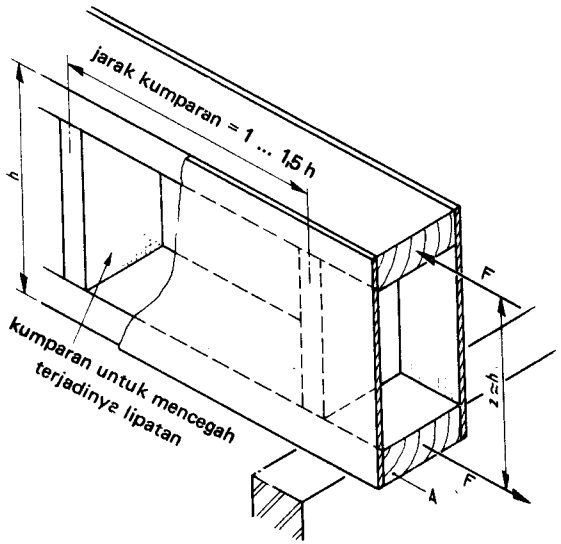
Gambar 16–63

b Gelagar tabung

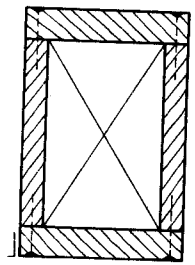
Juga profil tabung memenuhi prinsip dari "membawa bahan ke serat paling luar". Khusus dari kayu, profil ini mudah untuk disusun. Pada penggunaan tripleks atau multipleks yang dipaku (bila perlu direkat secara tahan air), momen yang dapat diambil secara global adalah gambar 16–64):

$$\overline{M} \approx F \cdot z \approx \bar{\sigma} \cdot h \cdot A_{\text{flensa}}$$

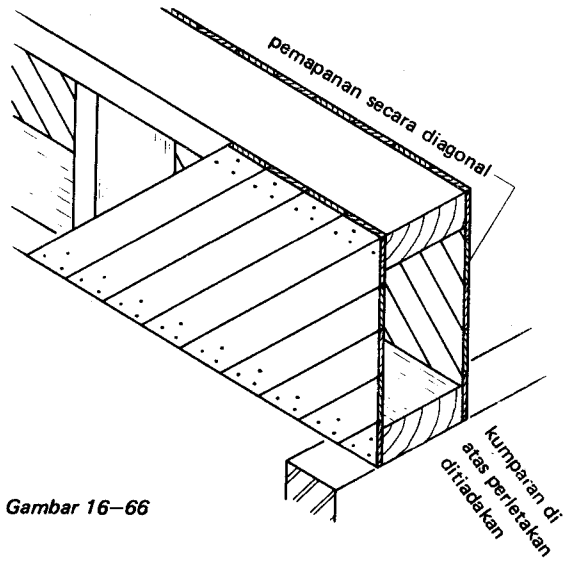
Momen terutama dipindahkan oleh flensa bila "pelat tubuh" tipis terhadap "flensa" (gambar 16–65). Gelagar dapat juga dibangun dari papan-papan yang tersendiri (gambar 16–66).
Sebagai pengganti tripleks atau multipleks kita dapat juga melaksanakan pemapanan secara diagonal.



Gambar 16–64



Gambar 16–65



Gambar 16–66

TUGAS 12

a. Sebuah gelagar tabung dengan penampang seperti pada gambar 16–67, membentangi suatu ruangan selebar 7 m. Berapakah besarnya beban berguna yang terbagi merata (gambar 16–68) yang diizinkan pada gelagar ini; dengan mengingat kekuatannya ?
Bagaimanakah cara menghubungkan pelat tubuh kepada "flensa" ?

b Berapakah kira kira besarnya gelagar melengkung di bawah pengaruh beban yang ditentukan dalam a ?

c Profil — HE yang manakah yang dibutuhkan untuk dapat mendukung beban yang sama besar dengan mengingat kekuatannya ?

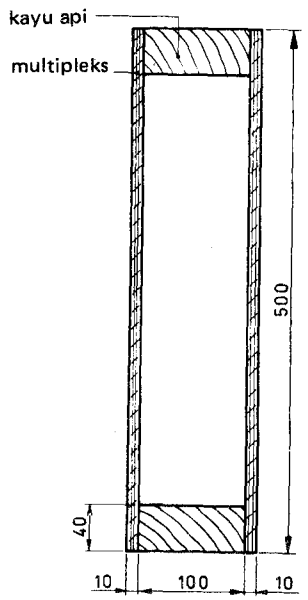
d Seperti di atas untuk memperoleh pelengkungan yang sama besar?

e Berapakah ukuran yang harus dimiliki oleh sebuah balok beton bertulang segi panjang, untuk dapat mendukung beban yang sama besar ?

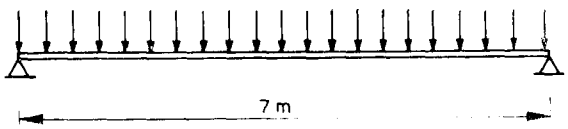
f Berapakah besarnya menurut perkiraan anda biaya pembuatan balok yang tercantum pada a, c dan e ?

Catatan:

Bobot diri dalam soal tersebut di atas hanya dapat diabaikan, bila dapat dibuktikan bahwa bobot diri itu kurang dari 10% dari beban berguna.



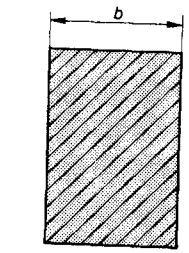
Gambar 16–67



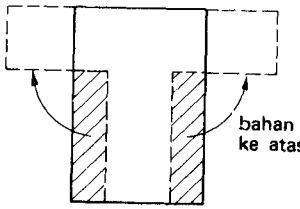
Gambar 16–68

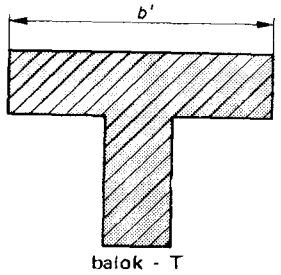
c Balok – T

Balok – T beton bertulang pada gambar 16–69, juga merupakan contoh dari prinsip: "bahan ke serat yang paling luar".
Daya dukung dari balok – T beton bertulang pada gambar 16–70, terletak kira-kira 20% lebih tinggi dari pada balok beton bertulang segi panjang.



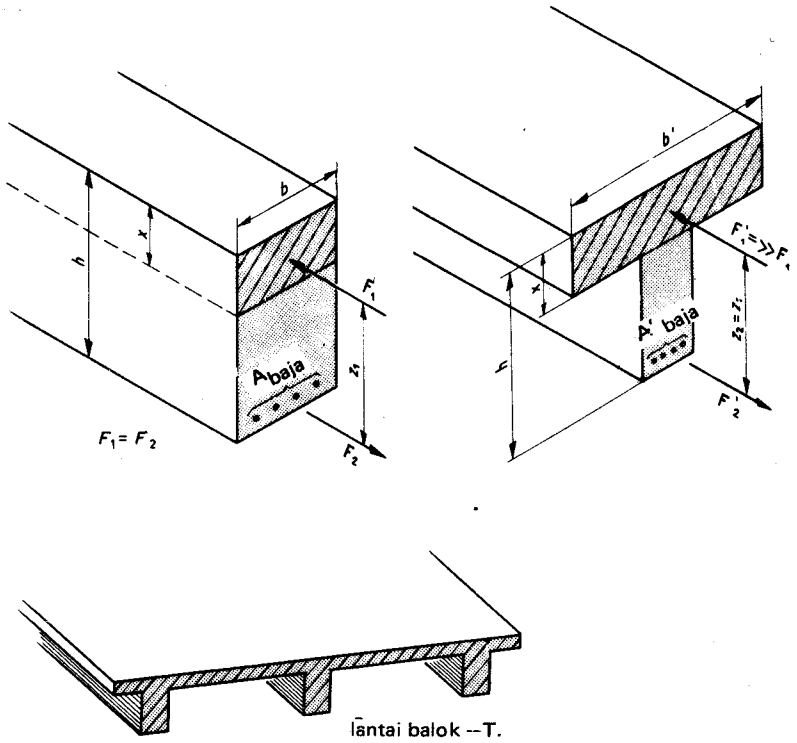
penampang segi panjang





balok - T

Gambar 16–69

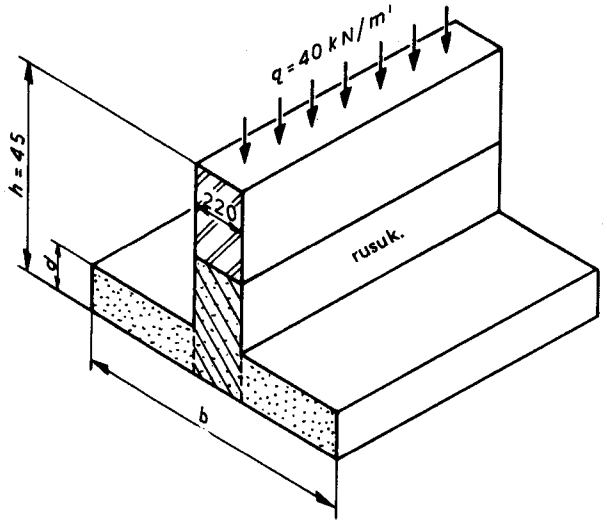


Gambar 16–70

TUGAS 13

Sebuah fondasi beton bertulang pada gambar 16–71. mendukung beban sebesar 40 kN/ m'. Tegangan tanah yang diizinkan adalah 0,05 N/mm^2. Tentukanlah *B* dan *d*. Apakah sebabnya pelat fondasi biasanya diperlengkapi dengan suatu rusuk beton bertulang ?

Tunjukkanlah tempat dari penulangan pokok. Tentukanlah momen yang diizinkan dalam rusuk.



Gambar 16–71

TUGAS 14

Sebuah balok dari kayu api yang diletakkan di atas dua buah titik tumpuan, pada ujung-ujung baloknya mempunyai ukuran lebar sebesar 150 mm. Tetapkanlah ukuran tinggi yang diperlukan dari balok pada tempat perletakkan dan pada bagian tengah, jika balok mendukung sebuah beban yang terbagi merata sebesar 20 kN/m dan mempunyai bentangan dari 1,50 m (bobot diri diabaikan).

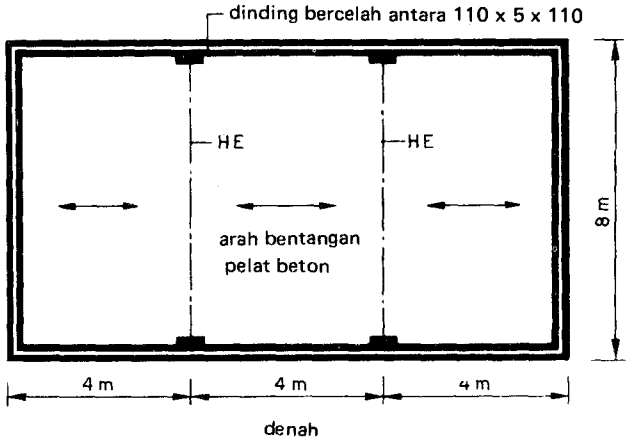
TUGAS 15

Dua buah balok (kayu api) yang masing-masing beratnya 150 mm x 150 mm, dihubungkan satu sama lain dengan menggunakan pelat kokot. Balok yang tergabung secara demikian harus membentangi sebuah ruangan dari 4 m dan pada bagian tengah akan dibebani oleh suatu gaya *F*. Tentukanlah *F* dan jumlah serta berat dari pelat kokot yang dibutuhkan dan disamping itu cara penempatannya.

TUGAS 16

Lantai antara dari sebuah gudang dilaksanakan dalam pelat beton bertulang dan ditupang oleh dua dinding hadapan dan dua buah balok–HE (gambar 16–72). Beban berguna berjumlah 6 kN/m^2.

Tentukanlah ukuran tebal lantai dan nomor dari profil – HE. Periksalah, apakah diperlukan konstruksi perkuatan dinding untuk perletakkan balok – HE itu. Berilah sebuah sketsa dan perhitungan dari perletakkan balok – HE.



Gambar 16–72

TUGAS 17

Rancangkanlah untuk bangunan dari soal 16 konstruksi atap untuk keadaan sebagai berikut:

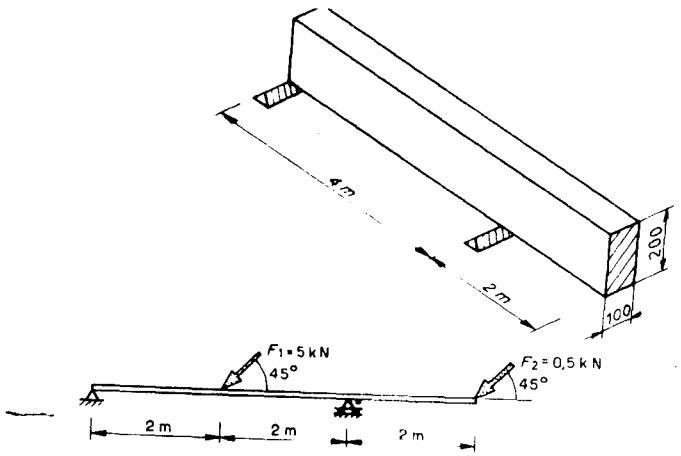
a. atap datar, yang terdiri dari pelat kaset beton lahar dengan ruberoid dan balok baja;
b. seperti di atas dengan balok beton pra-tekan;
c. seperti di atas, akan tetapi sekarang konstruksi-atap seluruhnya dilaksanakan dalam kayu;
d. seperti di atas, akan tetapi sekarang konstruksi-atap seluruhnya dilaksanakan dalam beton bertulang.

Untuk semua konstruksi, dilaksanakan detail yang terpenting dan perhitungan rancangan secara global. Untuk keadaan dilukiskan juga pemetiannya dan tempat dari penulangan.

TUGAS 18

Untuk balok homogen pada gambar 16–73 ditanyakan:

a. Tegangan lengkung maksimum yang terjadi, tegangan normal dan tegangan geser.
b. Tempat di mana tegangan itu terjadi (bobot diri diabaikan !).



Gambar 16–73

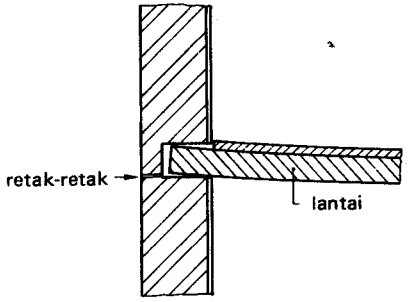
TUGAS 19

Carilah dalam sebuah buku tabel sebuah profil – IPE, sebuah profil – HE – A dan sebuah profil HE – B, masing-masing dengan bobot diri kira-kira 0,42 kN/m^1. Profil manakah yang dipakai sebagai gelagar, dapat mendukung beban yang terbesar ?

16.5 Kejadian retak dan problema fisika bangunan

TUGAS 20

Lihatlah gambar 16–74.
Berilah penjelasan untuk retakan horisontal dalam dinding hadapan sebelah ujung.



Gambar 16–74

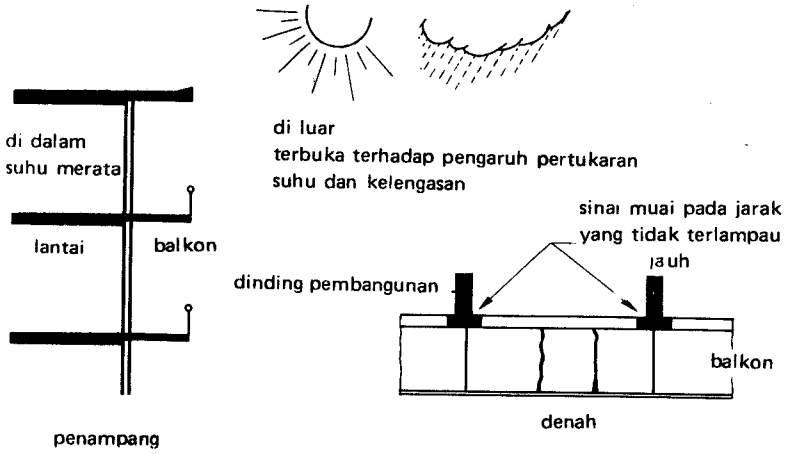
TUGAS 21

Terhadap kejadian retakan yang diperlihatkan pada gambar 16–75 terdapat dua kemungkinan tindakan:

a. Dilatasi: Pedoman sehari-hari: jarak siar dilatasi maksimum adalah 2 x ukuran lebar balkon.

b. Pemasangan penulangan memanjang tambahan (dari minimum 1%).

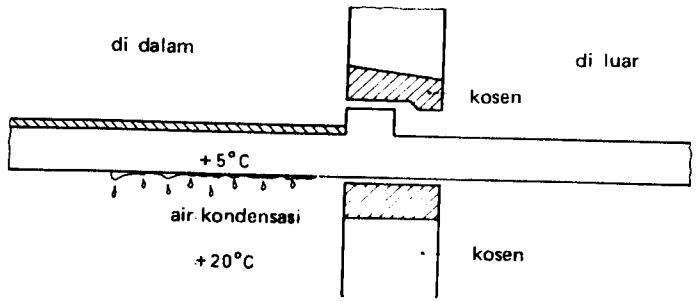
Berikanlah keuntungan dan keburukan dari kedua cara penyelesaian ini.



Gambar 16–75

TUGAS 22

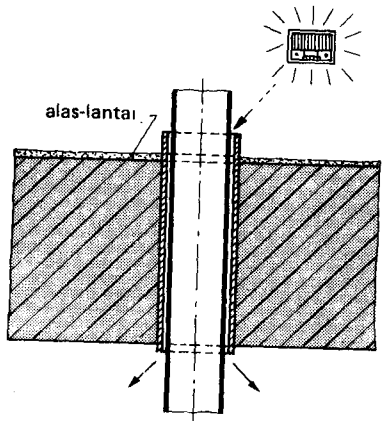
Sekali lagi konstruksi balok yang sama seperti tugas 21 (lihatlah juga gambar 16–76).
Suhu dalam kamar adalah + 20°C; kelengasan relatif adalah 70%. Suhu plafon langsung di belakang kosen adalah + 5°C. Buktikanlah dengan perhitungan, bahwa terjadi pembentukan kondensasi.
Berilah *dua* cara untuk mencegah pembetukan kondensasi.



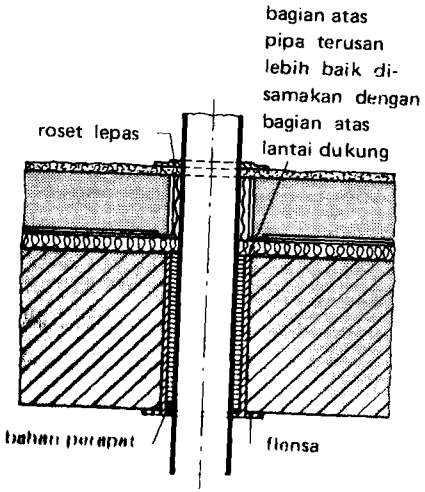
Gambar 16–76

TUGAS 23

Bahaslah perbedaan antara konstruksi lantai dengan pipa terusan sehubungan dengan suara kontak dan suara udara pada gambar 16–77 dan pada gambar 16–78.



Gambar 16–77

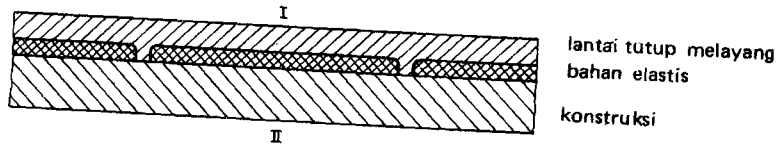


Gambar 16–78

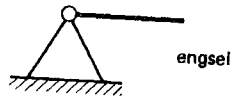
TUGAS 24

Untuk membatasi penyerahan suara kontak dari ruang I ke ruang II, dalam sebuah "bestek" diharuskan pembuatan sebuah lantai tutup yang melayang (gambar 16–79). Dalam pelaksanaannya, ternyata bahwa pada berbagai tempat, mortel dari lantai tutup membuat kontak dengan lantai konstruksi.

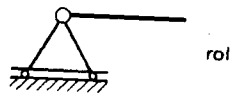
Apakah sebabnya lantai tutup ini sekarang menjadi tidak berguna?



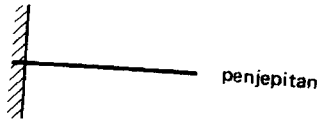
Gambar 16–79



Gambar 16–80



Gambar 16–81



Gambar 16–82

16.6 Ringkasan

Syarat kekakuan

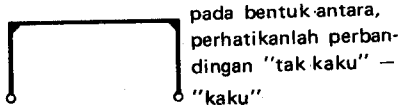
Gelagar dari kayu: $f_{maks} = 13$ mm

Gelagar dari baja : $f_{maks} = \frac{1}{600}\ l$

Gelagar beton: lihatlah V.B. '72 (Peraturan Beton th. 1972).

Sambungan

Pada bentuk antara (gambar 16–83) perhatikanlah perbandingan antara "tak kaku" – "kaku" !



Gambar 16–83

Lantai dan gelagar

Pedoman sehari-hari untuk ukuran tinggi gelagar:

- gelagar dari kayu : $h \approx 1/20\ l$
- pekerjaan konstruksi : $h \approx 1/7 \ldots 1/10\ l$
- gelagar baja : $h \approx 1/25\ l$
- gelagar beton : $h \approx 1/12\ l$
- pelat beton : $h \approx 1/35\ l$
- gelagar beton pratekan : $h \approx 1/15 \ldots 1/20\ l$

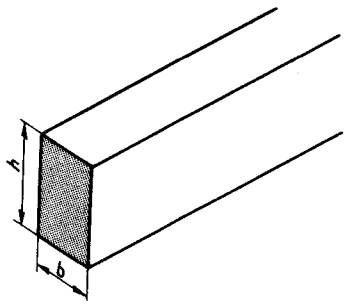
Untuk balok dengan homogen penampang segi panjang (gambar 16–84):

$$\bar{M} = 1/6\ \bar{\sigma}\ .b.h^2$$

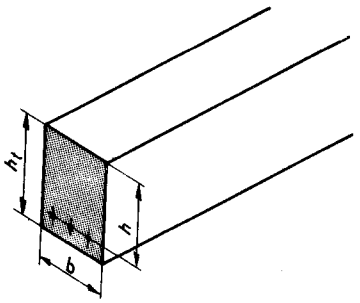
Balok beton bertulang dengan penampang segi panjang (gambar 16–85):

$$\bar{M} = 1{,}4\ b.h.^2 \text{N mm}$$

Jika: $A_{baja} = 0{,}012\ b.h$

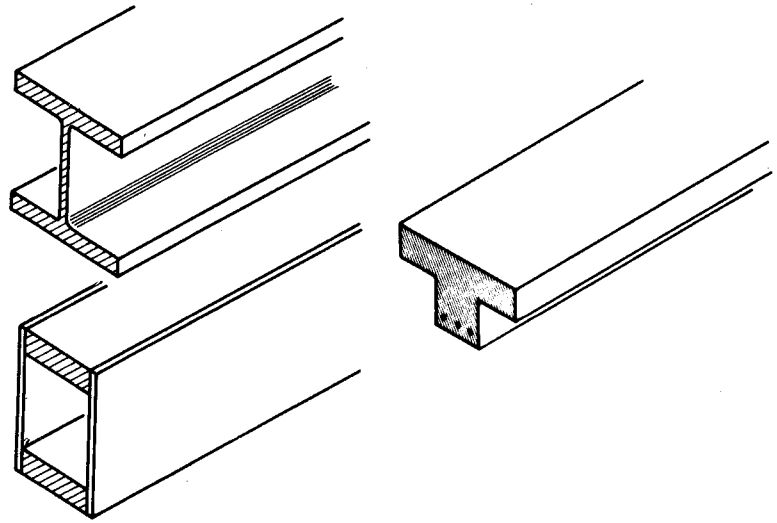


Gambar 16–84



Gambar 16–85

Balok profil (gambar 16–86):
Momen lengkung terutama dipindahkan oleh flensa. Prinsip: bahan dibawa ke tempat di mana tegangan lengkung bekerja paling besar.



Gambar 16–86

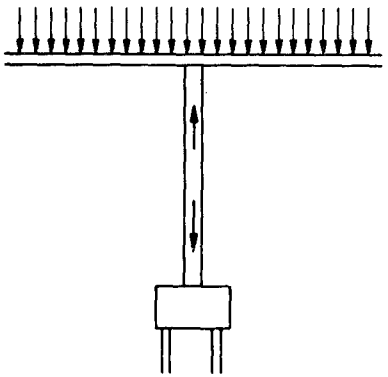
17 DINDING, KOLOM, STABILITAS, LUBANG DINDING

17.1 U m u m.

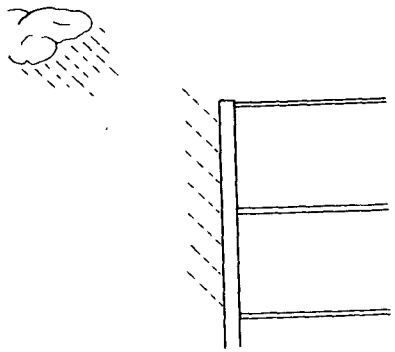
Dinding dan *kolom* terutama mempunyai FUNGSI MENDUKUNG. Dinding dan kolom itu memindahkan beban dari lantai ke fondasi (gambar 17–1). Sifat *mekanis* dari bahan adalah yang paling penting. Akan tetapi *dinding hadapan* terutama mempunyai FUNGSI YANG MELINDUNGI (gambar 17–2).

Dinding ini memberi perlindungan terhadap hujan, angin dan cahaya matahari. Di sini terutama yang penting ialah sifat *alami,* seperti pembalikan lengas (= vochtkering) dan isolasi kalor.
Sesuai dengan *fungsinya yang mendukung* dibedakan:

1 bangunan pejal (masif);
2 bangunan kerangka (skelet).



Gambar 17–1



Gambar 17–2

17.1.1 Bangunan pejal

Yang dilaksanakan ialah:

- pembangunan susun (dalam dinding tembok atau balok beton);
- pembangunan tuangan;
- pembangunan montasi.

Pada bangunan pejal, dinding juga mempunyai fungsi *melindungi.*

17.1.2 Bangunan kerangka

Yang dilaksanakan ialah:

- bangunan konstruksi dari kayu;
- bangunan tiang dan mistar;
- bangunan kerangka baja;
- bangunan kerangka beton.

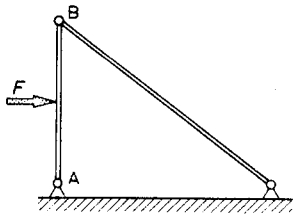
Pada bangunan kerangka, kerangka itu menjalankan fungsi yang *mendukung;* dinding (kebanyakan sebagai pengisian atau di muka sepanjang kerangka) mempunyai fungsi yang *melindungi.*

17.2 S t a b i l i t a s

Suatu konstruksi harus selalu cukup kuat, kaku dan stabil. Untuk memenuhi persyaratan ini, sambungan-sambungannya tidak perlu selalu kaku; keadaan ini tergantung dari bentuk konstruksinya.

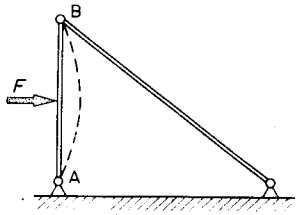
CONTOH 1

Lihatlah gambar 17–3 dan 17 4.



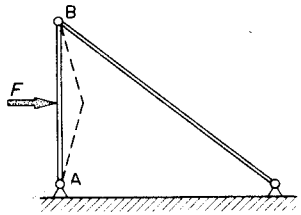
Semua sambungan dibuat berengsel; konstruksinya cukup kuat, kaku dan stabil.

Gambar 17–3a



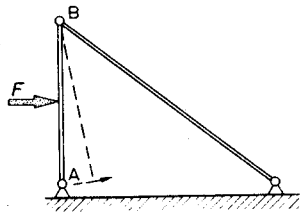
Balok AB tidak cukup kaku.

Gambar 17- 3b



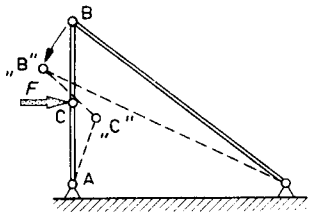
Balok AB tidak cukup kuat.

Gambar 17–3c



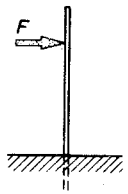
Sambungan A tidak cukup kuat.

Gambar 17–3d



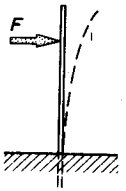
Konstruksinya tidak stabil.

Gambar 17–3e



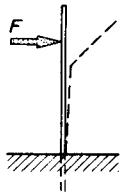
Sambungannya kaku; konstruksinya cukup kuat, kaku dan stabil.

Gambar 17–4a



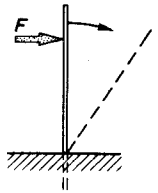
Balok tidak cukup kaku.

Gambar 17–4b



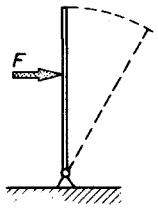
Balok tidak cukup kuat.

Gambar 17–4c



Sambungan tidak cukup kaku.

Gambar 17–4d



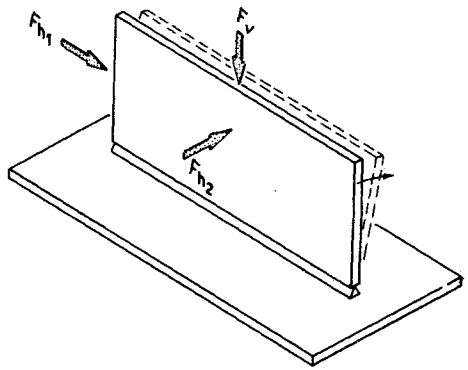
Konstruksinya tidak stabil.

Gambar 17–4e

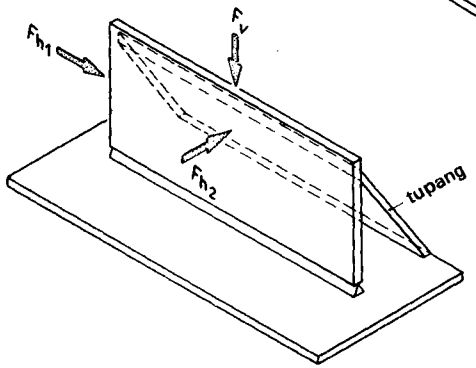
CONTOH 2

Suatu konstruksi harus stabil dalam bidang sendiri, akan tetapi juga dalam bidang yang tegaklurus terhadap bidang itu. Dinding pada gambar 17–5 adalah stabil dalam bidangnya sendiri (dapat menerima F_{h1} dan F_v), akan tetapi tidak tegaklurus terhadap bidangnya sendiri (tak dapat menerima F_{h2}).

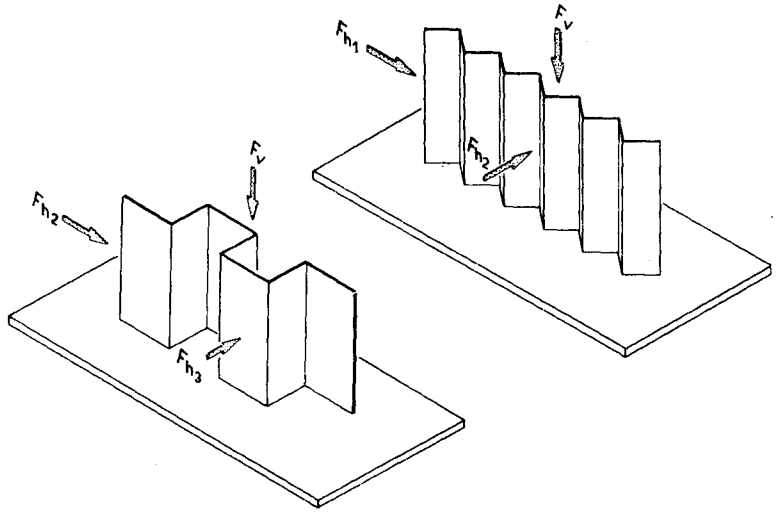
Stabilitas dalam segala jurusan, umpamanya dapat diperoleh dengan menupang dinding (gambar 17–6). Sebuah dinding dapat juga dibuat stabil, dengan jalan merubah bentuknya (gambar 17–7).
Stabilitas dapat diperoleh dengan jalan menyambung sebuah dinding secara kaku kepada bidang alas (gambar 17–8). Pada gambar 17–9, stabilitas AB diperoleh dengan menggunakan alat penupang.



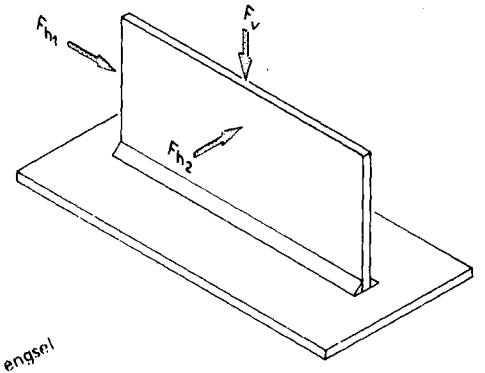
Gambar 17–5



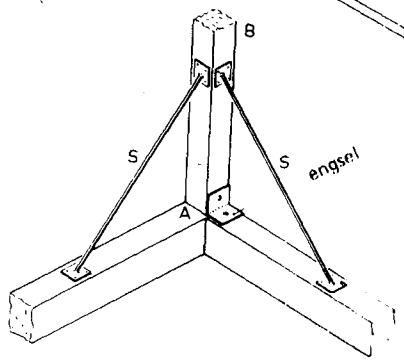
Gambar 17–6



Gambar 17–7



Gambar 17–8

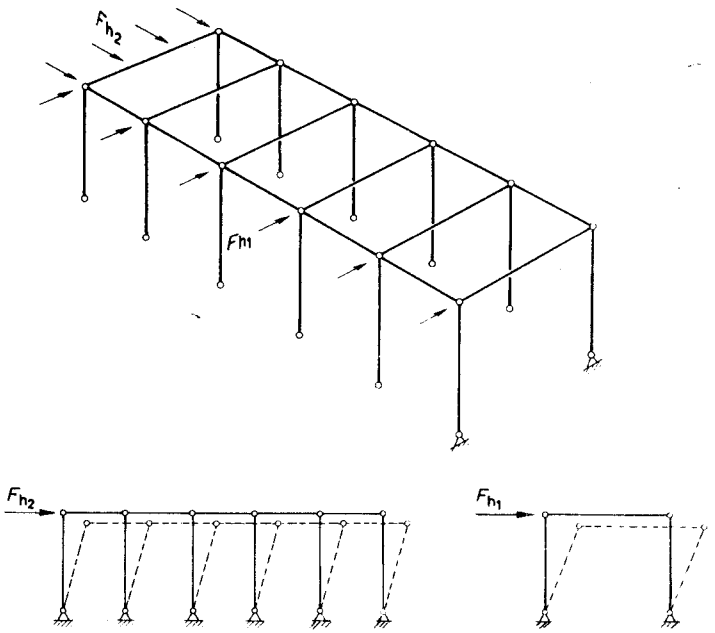


Gambar 17–9

CONTOH 3

Konstruksi pada gambar 17–10 tidak stabil dalam arah F_{h1} dan juga tidak dalam arah F_{h2}

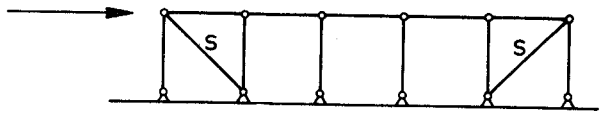
Stabilitas dalam arah F_{h1} umpamanya dapat diperoleh dengan jalan mengganti satu atau beberapa buah engsel oleh sebuah siku-siku yang kaku (gambar 17–11).
Stabilitas dalam arah F_{h2} umpamanya, dapat diperoleh dengan jalan menggunakan alat penupang S (gambar 17–12 dan 17–13). Stabilitas dapat juga dilaksanakan dengan sambungan berengsel *dan* alat penupang (gambar 17–14).



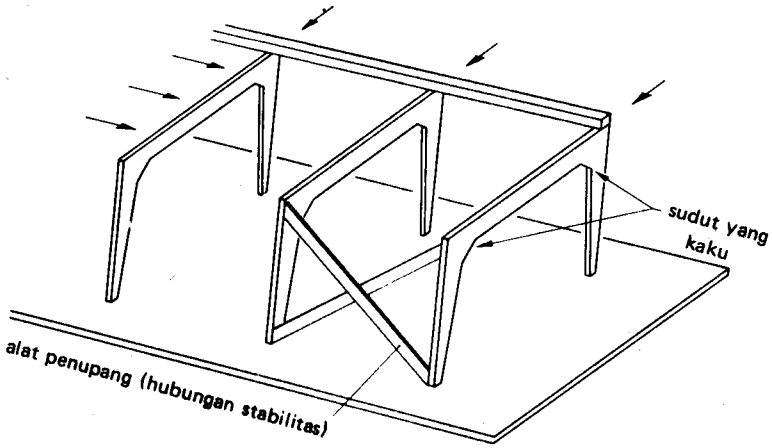
Gambar 17–10

rusuk-rusuk portal

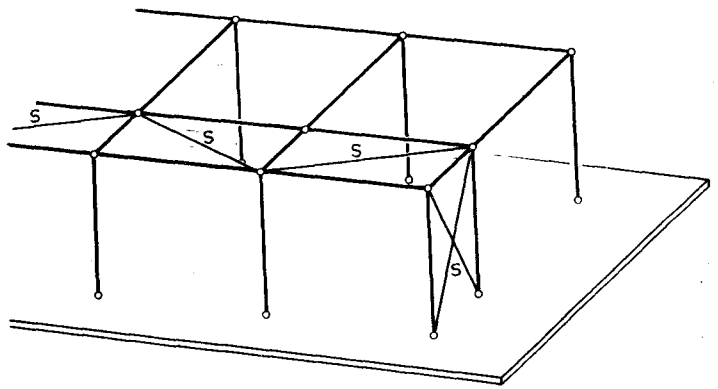
Gambar 17–11



Gambar 17–12



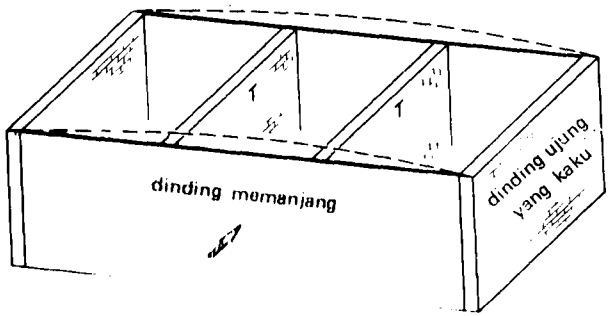
Gambar 17–13



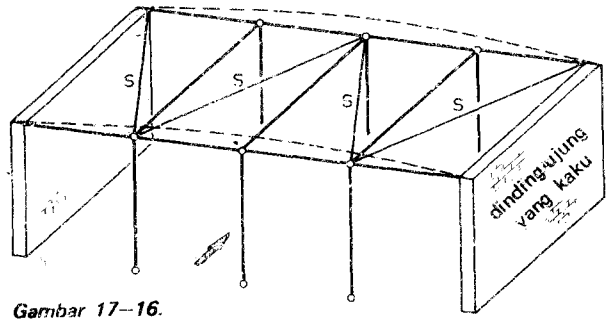
Gambar 17 – 14

CONTOH 4

Dinding antara T yang pejal, jadi yang kaku, memberikan kekakuan kepada dinding memanjang (gambar 17–15). Batang-batang S dalam bidang atap memberikan kekakuan kepada dinding memanjang (gambar 17–16).



Gambar 17–15



Gambar 17–16.

CONTOH 5

Sistem konstruksi untuk menyangga bangunan angin

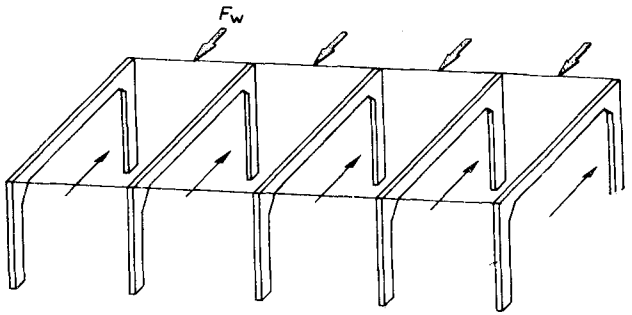
F_W pada dinding memanjang

⟹ = beban angin

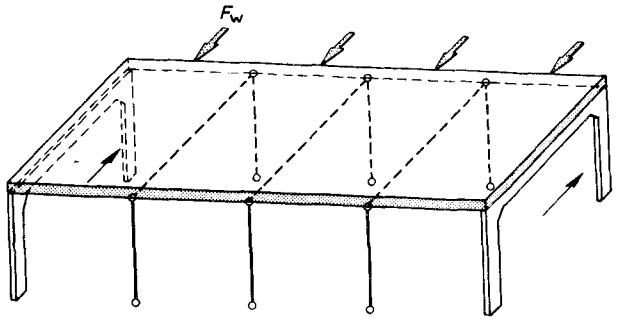
⟶ = reaksi dari konstruksi

F_W disangga oleh suatu seri rusuk-rusuk portal (gambar 17–17). F_W disangga oleh suatu bidang atap yang pejal dan kaku yang selanjutnya meneruskan beban kepada kedua rusuk portal ujung (gambar 17–18).

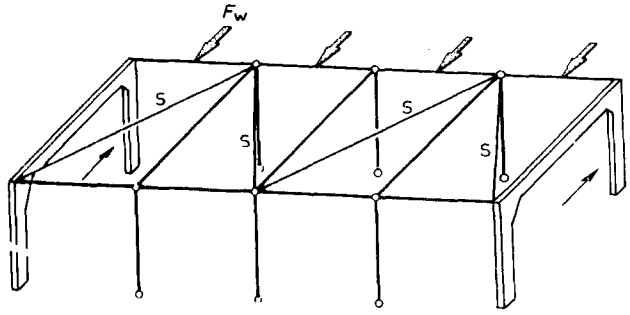
F_W disangga oleh hubungan angin S (gambar17–19). Portal ujung yang kaku dari contoh 2 dalam gambar 17–20, digantikan oleh konstruksi berengsel dengan suatu hubungan stabilitas. Portal ujung dari contoh kedua, pada gambar 17–21 digantikan oleh dinding ujung yang pejal.



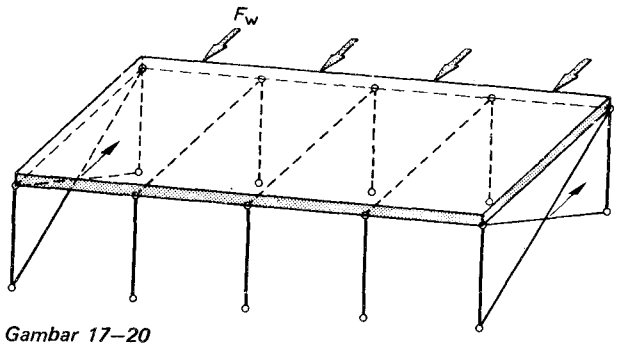
Gambar 17–17



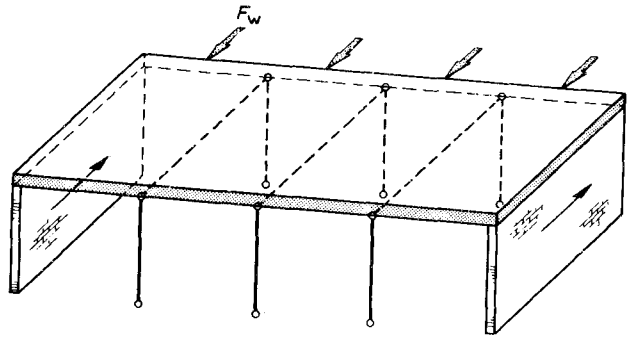
Gambar 17–18



Gambar 17–19



Gambar 17–20



Gambar 17–21

CONTOH 6

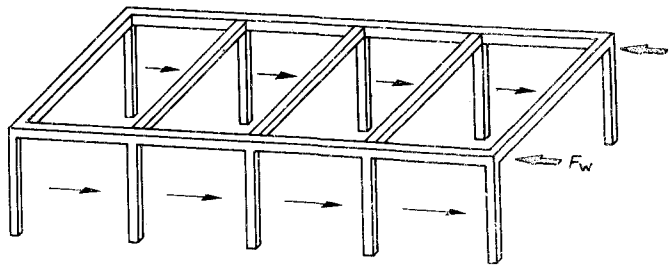
Sistim konstruksi untuk menyangga beban angin F_W pada dinding ujung

⇨ = beban-angin

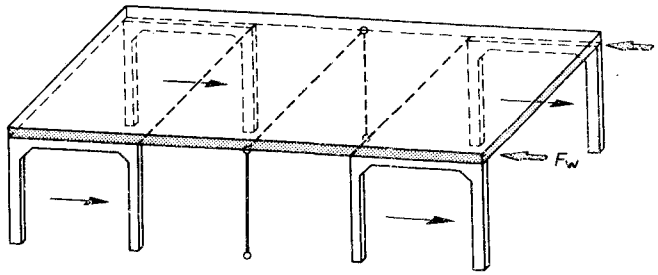
⟶ = reaksi dari konstruksi

F_W disangga oleh suatu seri portal memanjang yang dihubungkan satu sama lain (gambar 17–22). F_W disangga oleh dua buah portal ujung dalam dinding memanjang dan oleh sebuah bidang atap yang kaku (gambar 17–23).

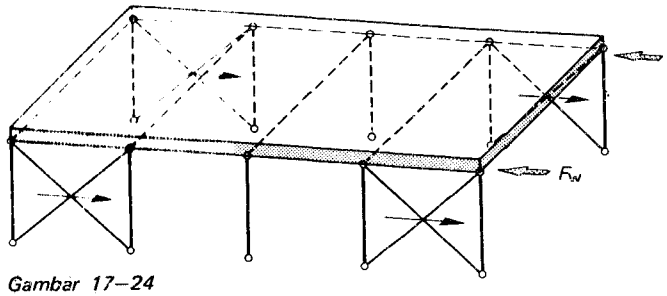
F_W disangga oleh suatu hubungan stabilitas dalam dinding memanjang dan oleh sebuah bidang atap yang kaku (gambar 17–24). F_W disangga oleh bagian dinding yang kaku dalam dinding memanjang dan oleh sebuah bidang atap yang kaku (gambar 17–25).



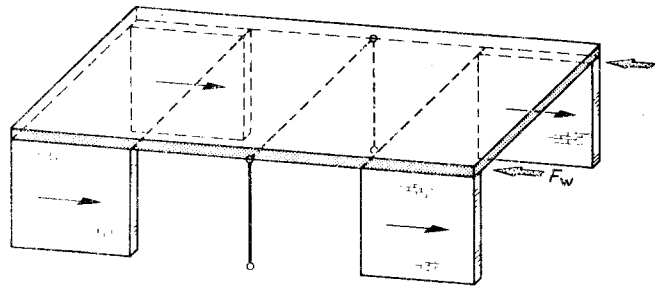
Gambar 17–22



Gambar 1 –23

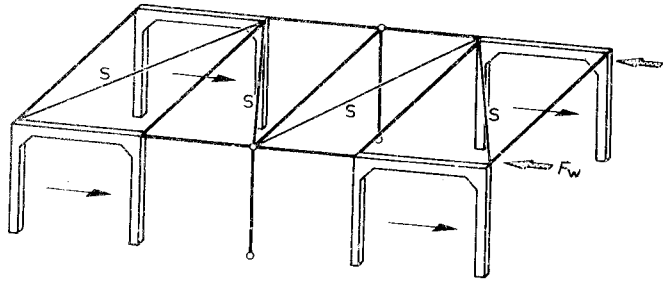


Gambar 17–24



Gambar 17–25

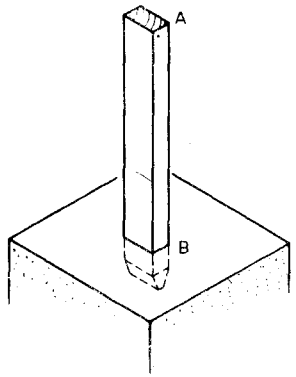
F_W disangga oleh hubungan angin S dan sejumlah portal memanjang yang kaku (gambar 17–26).



Gambar 17–26

TUGAS 1

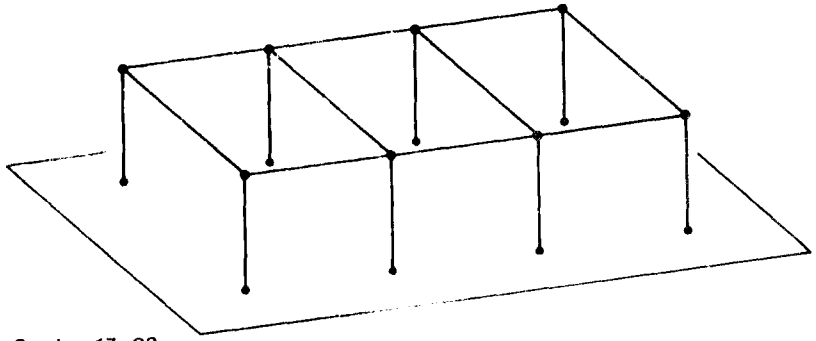
Berilah dua buah cara untuk menstabilkan kolom AB gambar 17–27 terhadap bidang alas.



Gambar 17–27

TUGAS 2

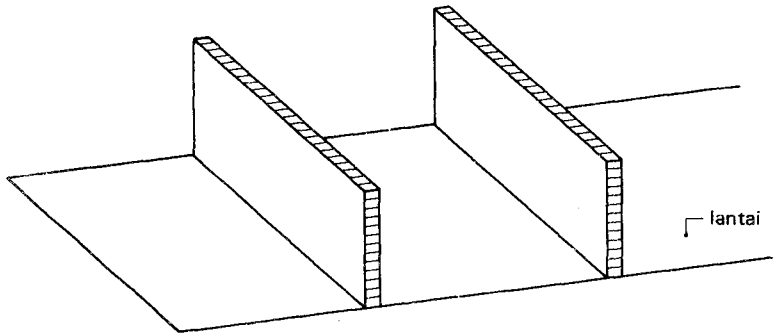
Kerangka dari sebuah bangunan, terdiri dari sejumlah batang yang dihubungkan secara berengsel kepada bidang-dasar (gambar 17–28). Juga hubungan antara batang satu sama lain dilakukan secara berengsel. Bagaimanakah caranya untuk membuat kerangka ini supaya stabil?



Gambar 17–28

TUGAS 3

Lukiskanlah suatu konstruksi penupangan untuk gambar 17–29, guna mencegah robohnya dinding bangunan yang baru selesai dikerjakan.



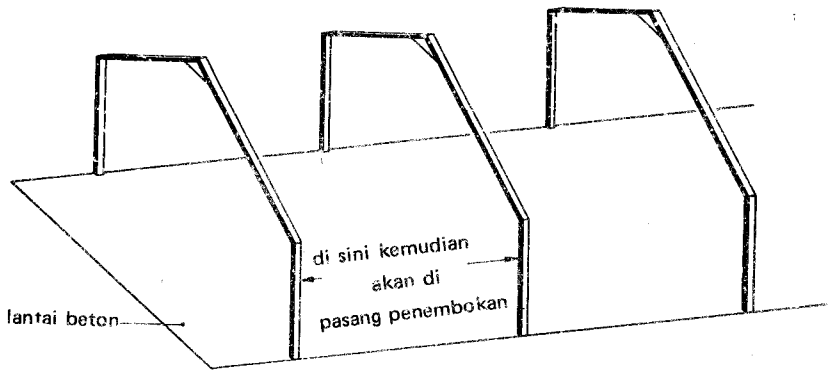
Gambar 17–29

TUGAS 4.

Untuk pembangunan sebuah bangsal dengan ukuran lebar 10 m, dipasang suatu seri rusuk dari baja, yaitu dengan jarak sumbu ke sumbu 4,50 m (gambar 17–30).

a Lukiskanlah suatu konstruksi yang stabil untuk sementara waktu (selama pelaksanaan).
b Bagaimanakah cara menjamin stabilitas setelah bangunan selesai dikerjakan ?
Apakah atapnya cukup kaku ?

Selama pembangunan dinding tegak dan konstruksi kerapkali terjadi kecelakaan, sebagai akibat dari kurangnya stabilitas.



Atap dibuat dari gordeng kayu dengan pelat berombak dari semen asbes.

Gambar 17–30

17.3 Dinding yang mendukung

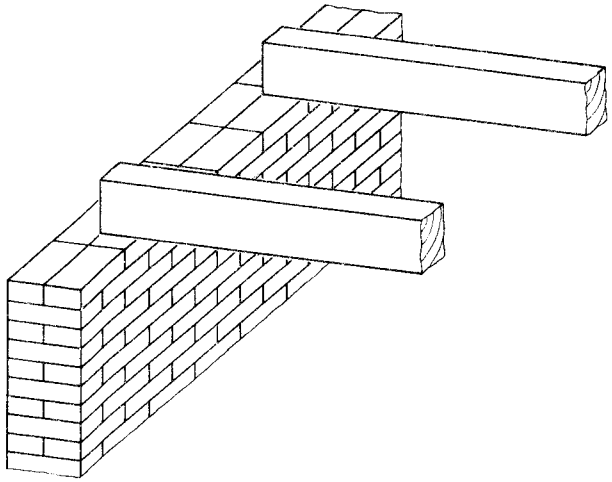
Dinding yang mendukung (gambar 17–31) harus sekurang-kurangnya dibuat satu batu (dinding dengan celah antara 110 mm – 50 mm – 110 mm dalam hal ini dapat dianggap sebagai dinding satu batu).

Pada bangunan yang lebih tinggi, dinding yang mendukung tentu saja dibuat lebih tebal secara sebanding.

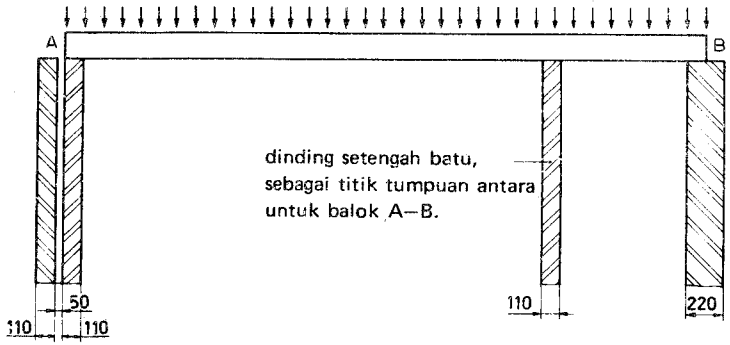
Suatu pengecualian adalah dinding dalam setengah batu dalam bangunan rumah tempat tinggal, jikalau dinding ini merupakan tumpuan antara untuk sebuah balok (gambar 17–32).

Pada beban setempat yang besar (balok berat, lengkungan, dan sebagainya) dibutuhkan dinding diperkuat (gambar 17–33).

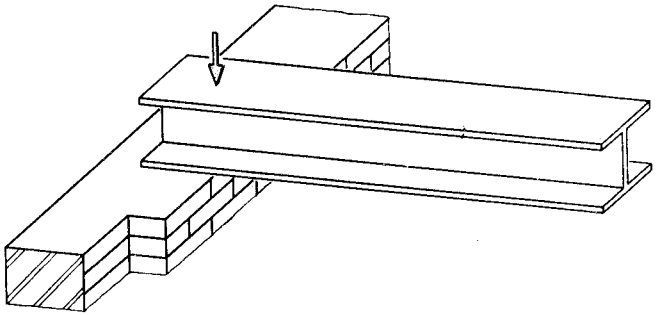
Pada dinding blok yang ditembok, *syarat kekuatan* dapat dipenuhi dengan mudah.



Gambar 17–31



Gambar 17–32



Dinding diperkuat untuk perletakan sebuah balok baja.

Gambar 17–33

TUGAS 5

Hitunglah (perhitungan kekuatan) berapa tingginya sebuah dinding satu batu (0,22 m) dapat dibuat, jikalau dinding itu hanya harus mendukung bobot dirinya.

$$\bar{\sigma}_d = 2\,000 \text{ kN/m}^2$$

$$\rho = 2\,000 \text{ kg/m}^3$$

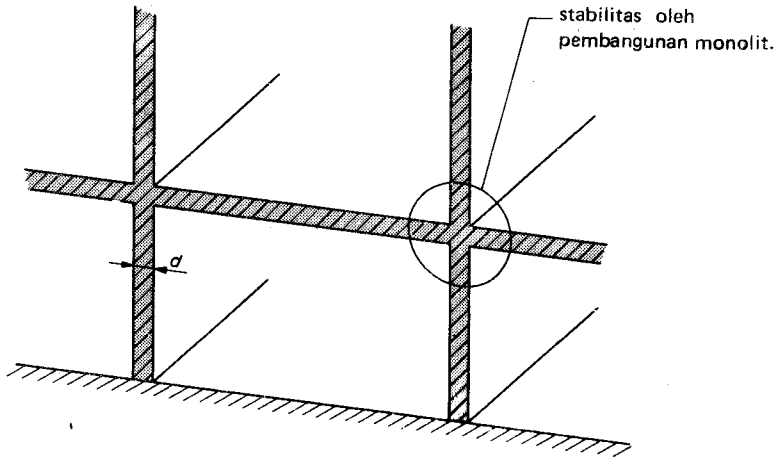
Dari tugas 5 ternyata, bahwa kekuatan dan stabilitas hampir selalu yang menentukan.

TUGAS 6

Hitunglah dengan rumus pendekatan $i \quad c + 20 \log m$, isolasi suara udara dalam desibel dari sebuah dinding bangunan batu dengan massa tiap ukuran luas sebesar 400 kg/m^2 ; c + 1

Hitunglah kemudian ukuran tebal d dari sebuah dinding bangunan tuangan sedemikian rupa, sehingga isolasi suara udara dari dinding ini senilai dengan isolasi suara udara dari dinding bangunan batu *(lihatlah gambar 17–34)*.

Apakah isolasi ini baik, sedang atau buruk ?(lihatlah lembaran normal NEN 1070).



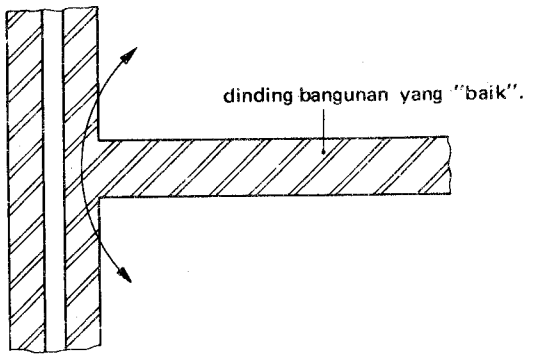
Pada bangunan tuangan, dinding dan lantai dituang dalam pekerjaan sebagai konstruksi monolit.
Untuk ukuran tebal lantai, pelengkunganlah yang menentukan.
Untuk ukuran tebal dinding, isolasi suara yang menentukan.

Gambar 17–34

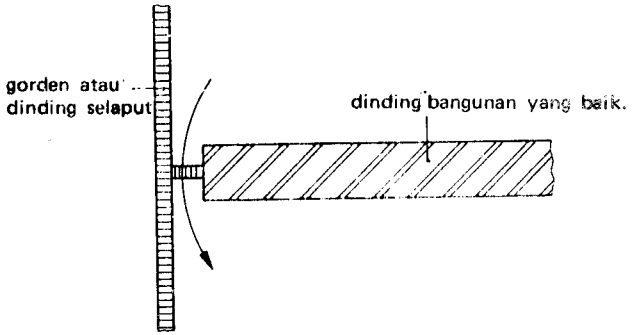
Isolasi suara dari dinding bangunan sangat dipengaruhi oleh separasi (pemisahan), plafon, dinding hadapan bawah (puien), dan sebagainya. Pada gambar 17–35 terjadi penyerahan suara yang menyisi (= flankerend) oleh dinding bercelah udara.

Pada gambar 17–36 pada suara yang menyisi adalah demikian besarnya, sehingga dinding pembangunan hampir menjadi "tak bernilai".

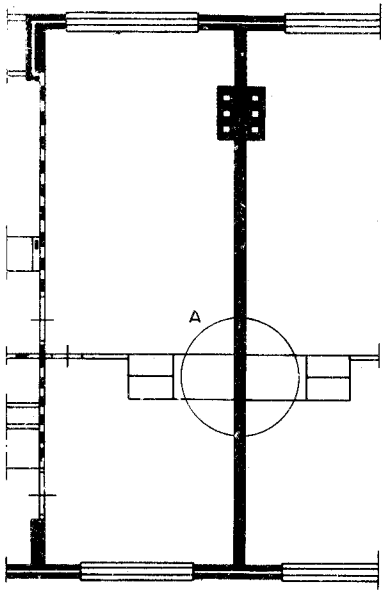
Separasi ringan yang "mudah melengkung", seperti dinding lemari tidak banyak memberikan penyerahan kalor (gambar 17–37 dan gambar 17–38).



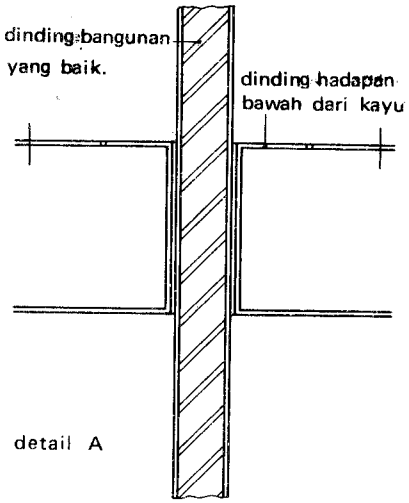
Gambar 17–35



Gambar 17–36



Gambar 17–37



lebih kurang dari transmisi menyisi yang normal.

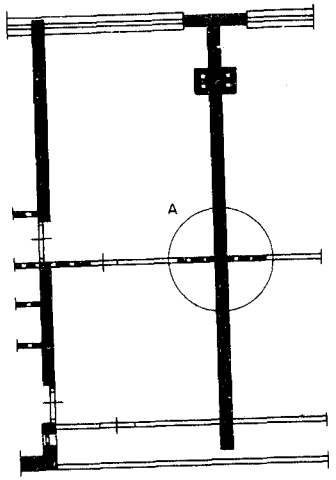
Gambar 17–38

Dinding separasi yang berat (lebih dari 2 kN/m^2) secara relatif memberikan sedikit transmisi yang menyisi.

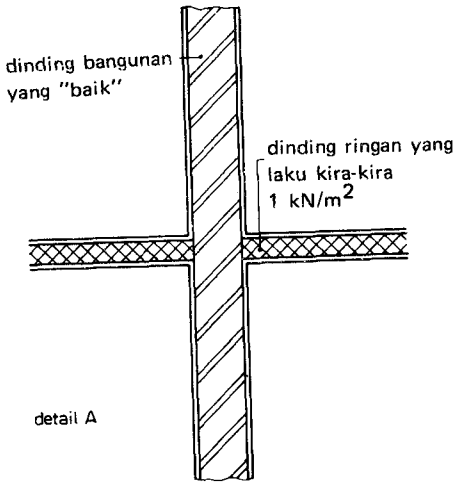
Akan tetapi separasi yang "setengah berat" (umpamanya 1 kN/m^2) dalam kombinasi dengan kekakuan lengkung yang besar, secara relatif memberikan transmisi yang lebih besar (gambar 17–39 dan gambar 17–40).

Bahwa rumah tempat tinggal yang dilukiskan dalam denah, bercermin terhadap satu sama lain, kerapkali secara relatif kurang menguntungkan untuk pemindahan suara yang menyisi.

Dalam hubungan ini harus pula diperhatikan dinding pemisah yang *tidak* diteruskan sampai ke lantai tingkat atas dari suatu gedung bertingkat. Lihat gambar 17–41.

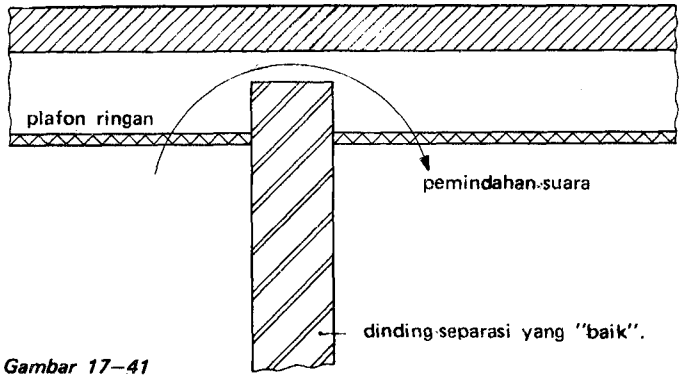


Gambar 17–39



lebih dari penverahan mengisi yang normal.

Gambar 17–40



Gambar 17–41

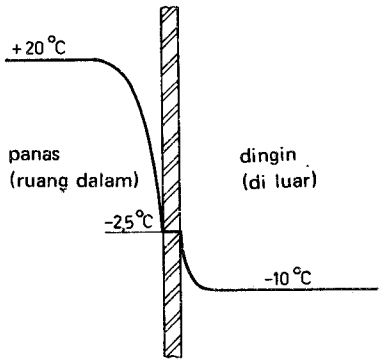
17.4 Dinding hadapan (= gevels)

Dinding hadapan dengan tungsi yang mendukung, harus memenuhi persyaratan tentang kekuatan dan ***stabilitas*** seperti yang telah dibahas sebelum ini.

Akan tetapi fungsi *melindungi* (menutup) di sini adalah lebih penting. Dinding hadapan itu, untuk sebuah bangunan sekaligus merupakan baju hujan, baju musim-dingin dan kemeja musim panas.

17.4.1 Isolasi kalor

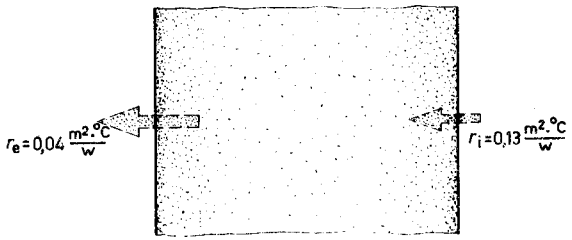
Pada pengukuran jalannya suhu melalui kaca, kita memperoleh gambaran seperti di sebelah ini (gradasi suhu). Lihatlah juga halaman 41.
Pada tempat permukaan kaca, kita melihat loncatan yang aneh dalam garis yang menunjukkan jalannya suhu (gambar 17–42). Keadaan ini disebabkan karena arus kalor juga mengalami hambatan pada peralihan dari udara ke bahan.



Gambar 17–42

Lihatlah juga gambar 17–43.
Hambatan peralihan pada permukaan luar (sebelah luar) adalah:

$$r_e = 0{,}04 \frac{\text{m}^2 \cdot {}^\circ\text{C}}{\text{W}}$$



Gambar 17–43

Hambatan peralihan pada permukaan dalam (ruang dalam) (dibulatkan) adalah:

$$r_i = 0{,}13 \frac{\text{m}^2 \cdot {}^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

yaitu pada arus kalor horisontal (dinding vertikal). Jikalau dalam konstruksi terdapat celah udara dengan ukuran lebar sebesar 0,02 . . . 0,1 m, maka untuk *seluruh hambatan celah udara* (hambatan peralihan kalor dalam celah udara) dapat diperhitungkan:

$$r_{\text{celah udara}} = 0{,}18 \frac{\text{m}^2 \cdot {}^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

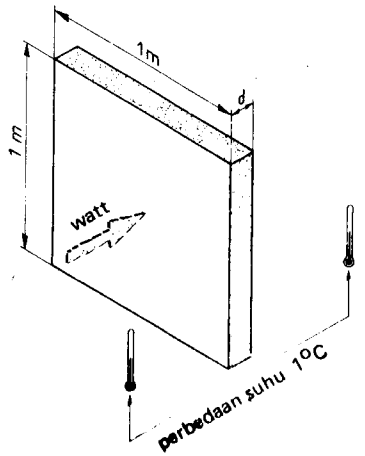
Dengan hambatan r_{bahan} dari bahan yang dilaksanakan, berikut untuk jumlah hambatan laluan kalor:

$$R_{\text{jumlah}} = r_e + r_{\text{bahan}} + r_i + r_{\text{celah udara}}$$

Jumlah laluan kalor atau nilai $-k$ dari suatu konstruksi berbanding terbalik dengan hambatan, jadi:

$$k = 1/R_{\text{jumlah}}$$

k dinyatakan dalam W/m2.oC (gambar 17–44).



Gambar 17–44

CONTOH 1

Ditanyakan :

Nilai – k dari dinding celah udara dalam gambar 17–45.

Jawaban :

$$r_{\text{bahan}} = \frac{d}{\lambda_1} + \frac{d}{\lambda_2}$$

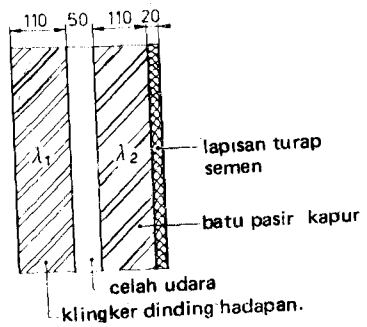
$$= \left(\frac{0{,}11}{0{,}90} + \frac{0{,}11}{1}\right) \frac{\text{m}}{\text{W/m} \cdot {}^\circ\text{C}}$$

$$R_l = r_e + r_{\text{bahan}} + r_i + r_{\text{celah-udara}}$$

$$= \left(0{,}04 + \frac{0{,}11}{0{,}90} + \frac{0{,}11}{1} + 0{,}13 + 0{,}18\right) \frac{\text{m}^2 \cdot {}^\circ\text{C}}{\text{W}} = 0{,}58 \frac{\text{m}^2 \cdot {}^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

Kemudian:

$$k = \frac{1}{R_1} = 1{,}7 \ \text{W/m}^2 \cdot {}^\circ\text{C}$$

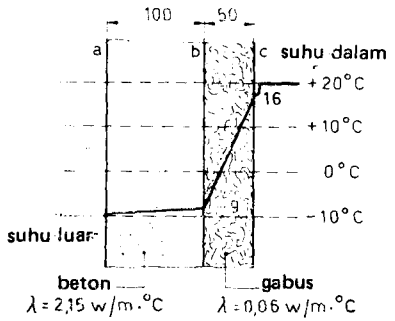


Gambar 17–45

CONTOH 2

Ditanyakan:

Lukiskanlah jalannya suhu dalam konstruksi pada gambar 17–46.



Gambar 17–46

Jawaban:

$$R_i = r_e + r_{\text{beton}} + r_{\text{gabus}} + r_i$$

$$= \left(0{,}04 + \frac{0{,}10}{2{,}15} + \frac{0{,}05}{0{,}06} + 0{,}13\right) \frac{\text{m}^2 \cdot {}^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$\approx (0{,}04 + 0{,}04 + 0{,}83 + 0{,}13) \frac{\text{m}^2 \cdot {}^\circ\text{C}}{\text{W}} \approx 1 \frac{\text{m}^2 \cdot {}^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

Turunnya suhu, terhitung dari dalam ke luar, tergantung dari hambatan kalor.

Suhu pada permukaan c sama dengan:

$$\text{Suhu dalam} - \frac{r_i}{r_e} \times \text{jumlah jatuh suhu}$$

$$= 20 \ {}^\circ\text{C} - \frac{0{,}13}{1} \cdot 30 \ {}^\circ\text{C} = 16 \ {}^\circ\text{C}$$

Suhu pada permukaan b sama dengan:

$$20\ ^\circ\text{C} - \frac{0{,}13 + 0{,}83}{1} \cdot 30\ ^\circ\text{C} = -9\ ^\circ\text{C}$$

Suhu pada permukaan a sama dengan:

$$20\ ^\circ\text{C} - \frac{0{,}13 + 0{,}83 + 0{,}04}{1} \cdot 30\ ^\circ\text{C} = -10\ ^\circ\text{C}$$

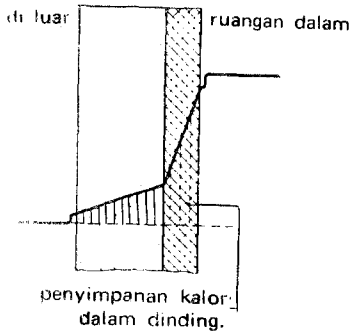
Dalam bahan yang menyekat paling sempurna, terjadi turun suhu yang paling besar.

17.4.2 Akumulasi kalor

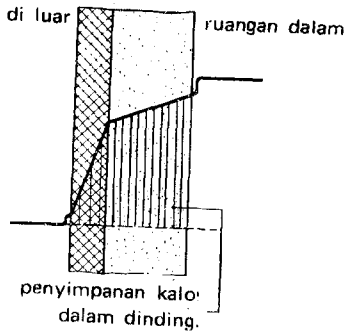
CONTOH 3

Nilai – k untuk kedua dinding pada gambar 17–47 dan 17–48, adalah sama. Jumlah kalor yang terdapat dalam dinding, pada gambar 17–47 jauh lebih kecil daripada dalam gambar 17–48.

Untuk ruangan yang suhunya harus ditingkatkan dengan cepat, lebih baik menggunakan dinding dari gambar 17–47 daripada dinding pada gambar 17–48. Bila pemanasan dimatikan, ruangan yang dikurung oleh dinding menurut jenis pada gambar 17–47, dapat pula lebih cepat didinginkan. Dinding pada gambar 17–48, setelah pemanasan dimatikan, masih lama "memancarkan" kalor.



Gambar 17–47

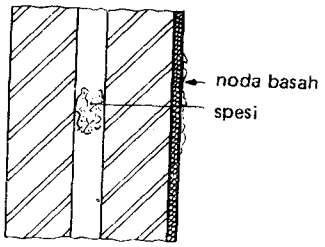


Gambar 17–48

17.4.3 Kondensasi

Suatu dinding celah udara, dengan ceiah udara yang tertutup oleh kotoran (gambar 17–49) dapat merembes (doorslaan).

Apakah noda basah (vochtplek) itu disebabkan oleh air hujan yang merembes ?Keadaan ini bukan tidak mungkin, akan tetapi contoh 4 mengajarkan kepada kita, bahwa penyebab itu harus dicari pula pada perbedaan suhu di atas permukaan dalam dari dinding.



Gambar 17–49

CONTOH 4

Kita ambil dinding celah udara dari contoh 1; jadi suhu dari permukaan dalam adalah 20°C (gambar 17–50). Untuk iklim dalam berlaku kelengasan relatif sebesar 70%.
Udara dalam kamar mengandung:

$$0{,}7.\ 17{,}5\ g/m^3 = 12{,}2\ \text{gram air tiap } m^3 \text{ udara.}$$

Titik embun berada kira-kira pada + 13 °C.
Di sini hampir tidak terjadi kondensasi permukaan. Untuk suatu celah udara yang diisi dengan spesi semen (gambar 17–51) berlaku:

$$R_{\text{jumlah}} = r_e + r_{\text{bahan}} + r_i$$

$$= 0{,}04\ \frac{m^2 \cdot °C}{W} + \left(\frac{0{,}11}{0{,}90} + \frac{0{,}05}{1{,}16} + \frac{0{,}11}{1}\right) \frac{m}{W/m \cdot °C} + 0{,}13\ \frac{m^2 \cdot °C}{W}$$

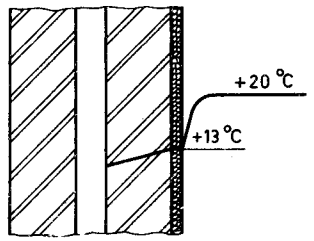
$$= 0{,}44\ \frac{m^2 \cdot °C}{W}$$

Suhu pada permukaan dalam sekarang adalah:

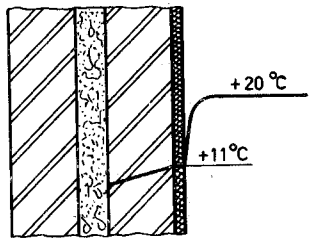
$$20\ °C - \frac{0{,}13}{0{,}44} \cdot 30\ °C = +11\ °C$$

Suhu yang terakhir ini sebesar + 11°C, adalah lebih rendah dari titik embun yang dihitung. Di sini, pasti akan terjadi kondensasi permukaan, yaitu di tempat di mana celah udara tertutup oleh kotoran.

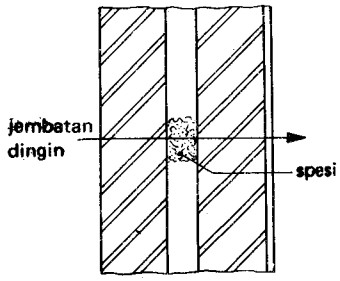
Pendinginan setempat semacam itu, sering juga yang dinamakan *jembatan dingin* (gambar 17–52). Contoh yang lain tentang jembatan dingin, diberikan (lihatlah juga III – 16 tugas 22) dalam gambar 17–53.



Gambar 17–50



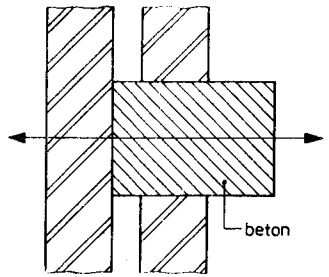
Gambar 17–51



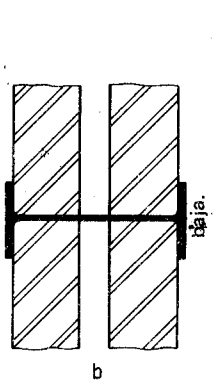
Gambar 17–52

TUGAS 7

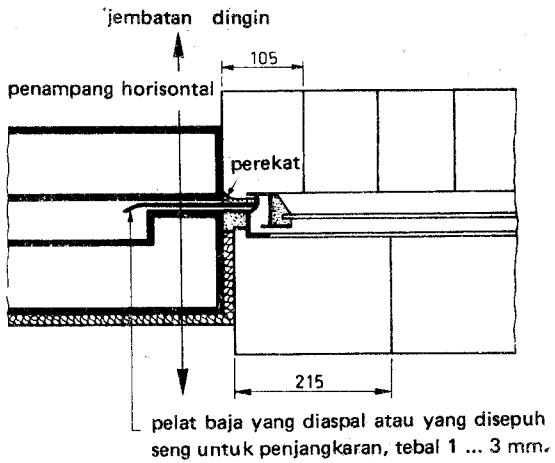
Lukiskanlah konstruksi yang diperbaiki dalam tiap keadaan dari tiga keadaan pada gambar 17–53.



Gambar 17–53a a



Gambar 17–53b



Gambar 17–53c

TUGAS 8

Dari panel dinding hadapan yang tipis yang dilukiskan pada gambar 17–54.

Diketahui:

$t_{\text{ruang dalam}} = 20^{\circ}C$;

derajat kelengasan relatif = 70%; $t_{\text{bagian luar}} = -10^{\circ}C$

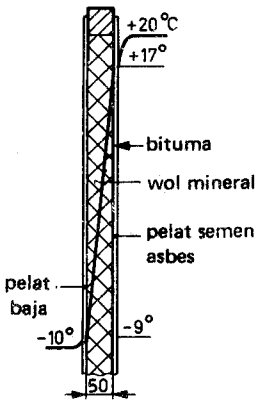
Gradasi suhu seperti yang diperlihatkan pada gambar 17–54. Umpamakan, bahwa uap air dapat meresap ke dalam panel tanpa gangguan.

Pertanyaan:

Apakah dalam wol mineral akan terjadi kondensasi ? (Hitunglah !). Jikalau terjadi kondensasi, air menyebabkan berkurangnya daya sekat, bintik-bintik jamur dan kemungkinan pencernaan panel.

Pencegahan kondensasi ini diusahakan dengan penerapan suatu lapisan yang rapat uap, yang harus mencegah meresapnya uap air (di sini : bituma). Dalam praktek, kadang-kadang ternyata bahwa penerapan lapisan yang rapat uap semacam itu sukar untuk dilakukan dengan *sempurna.*

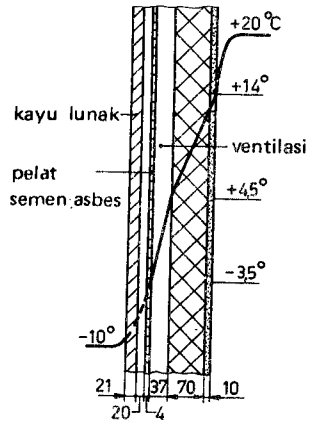
Suatu cara penyelesaian yang lain ialah, mengadakan ventilasi terhadap dinding celah udara dengan udara luar (gambar 17–55).



panel dinding hadapan tipis

$k = 0{,}7\ W/m^2 \cdot {}^{o}C$

Gambar 17–54



dinding kayu batu apung

$k = 1{,}3\ W/m^2 \cdot {}^{o}C$

Gambar 17–55

TUGAS 9

Hitunglah jumlah kalor yang dinyatakan dalam watt tiap m^2 pada tiap ^oC, yang mengalir melalui:

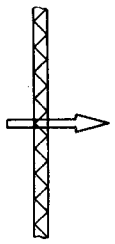
a. Sebuah kaca jendela tunggal yang tebalnya 4 mm (gambar 17–56);

$$\lambda_{kaca} = 0{,}8 \text{ W/m. } ^oC$$

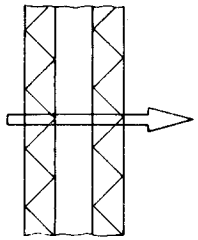
b. Dua buah pelat kaca yang tebalnya 12 mm dengan celah udara antara (gambar 17–57).

Pertanyaan:

Apakah terdapat perbedaan dalam isolasi suara antara kaca tunggal dan kaca berganda dan apakah sebabnya ? ($\rho_{kaca} = 2500 \text{ kg/m}^3$).



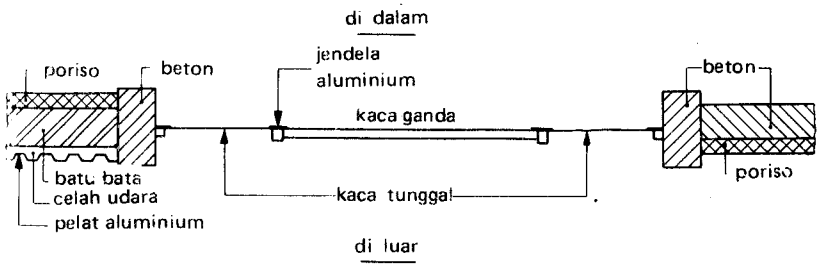
Gambar 17–56



Gambar 17–57

TUGAS 10

Berilah sebuah sketsa di mana diperbaiki semua kesalahan, penyelesaian yang tak keruan dan sebagainya dari dinding hadapan pada gambar 17–58.



Gambar 17–58

17.5 Retak-retak dalam dinding

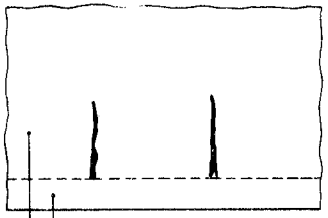
Lihatlah gambar 17–59.

Lantai sebagian besar telah menyusut, bila kemudian dinding dituang. Antara penuangan dinding dan lantai tidak boleh terdapat jangka waktu yang terlampau lama.

Sambungan celah udara dengan jangkar antara dinding celah udara sebelah dalam dan dinding celah udara sebelah luar *tidaklah* kaku. Di dalam sambungan itu terdapat "gerakan".

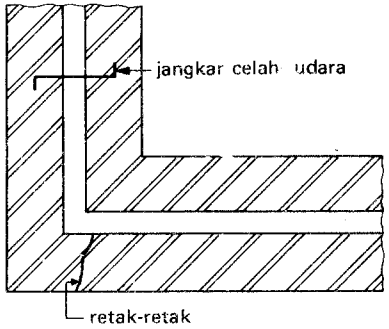
Akan tetapi pada sudut, sukar untuk dihindarkan bahwa dinding celah udara dalam dan dinding celah udara luar tersambung dengan "kaku" terhadap satu sama lain; keadaan ini dapat menimbulkan retak-retak (gambar 17–60).

Janganlah membuat penurapan dalam bidang-bidang yang terlampau besar (gambar 17–61). Buatlah pembatasan dengan dilatasi dan dengan balok pinggiran. Untuk contoh yang lain mengenai retak-retak lihatlah gambar 17–62.

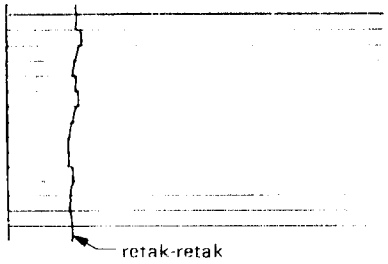


Retak susutan dalam dinding ruang bawah lantai dari beton

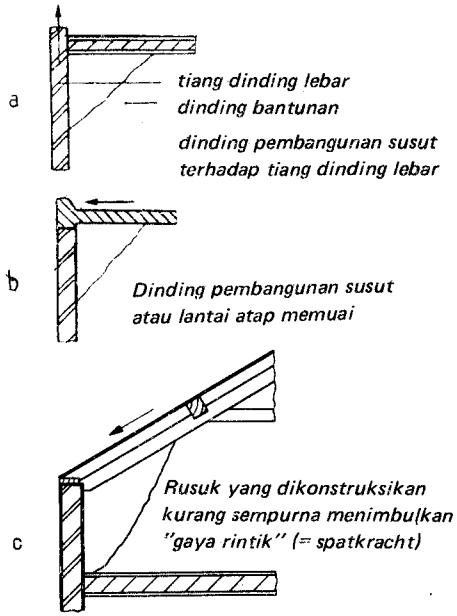
Gambar 17–59



Gambar 17–60



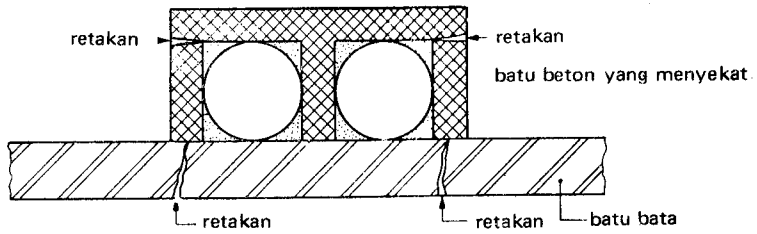
Gambar 17–61



Gambar 17–62

TUGAS 11

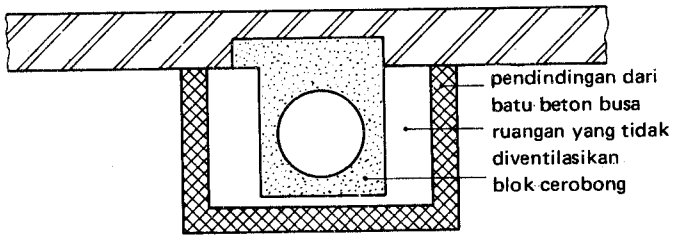
Berilah penjelasan yang dapat diterima untuk retak-retak dalam cerobong pada gambar 17–63.



Gambar 17–63

TUGAS 12

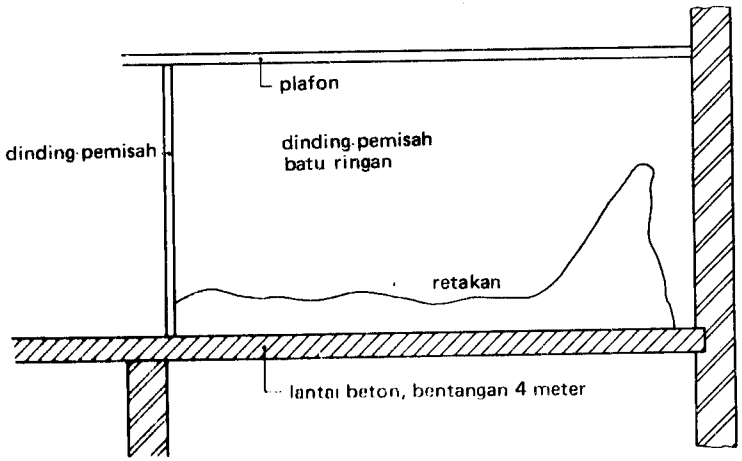
Tunjukkanlah, di tempat mana dapat terjadi retakan pada gambar 17–64. Berilah penjelasan terhadap jawaban itu.



Gambar 17–64

TUGAS 13

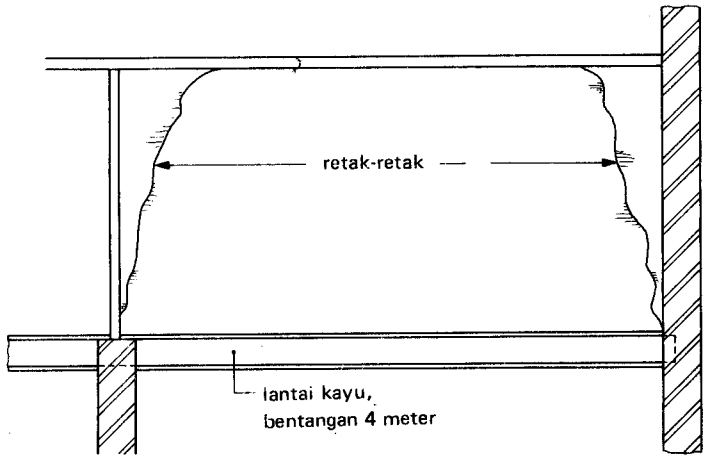
Berilah penjelasan yang dapat diterima untuk retakan dalam dinding pemisah pada gambar 17–65.



Gambar 17–65

TUGAS 14

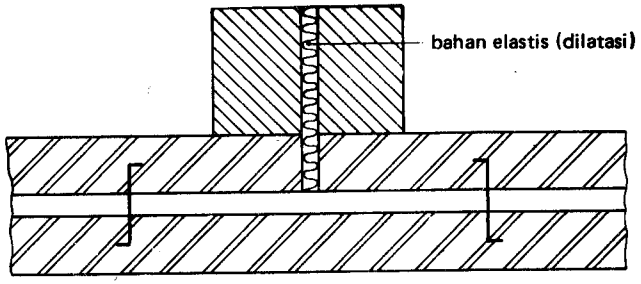
Seperti di atas untuk dinding pemisah pada gambar 17–66.



Gambar 17–66

TUGAS 15

Tunjukkanlah kemungkinan kesalahan pada gambar 17–67 dan lukiskanlah konstruksi yang diperbaiki.

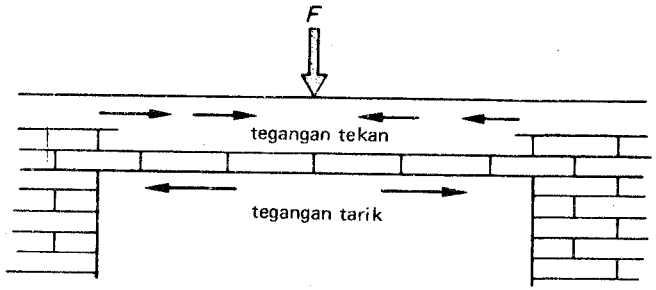


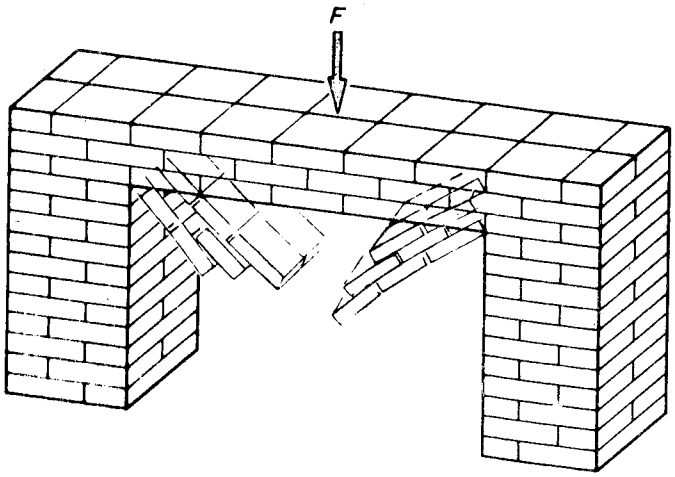
Gambar 17–67

17.6 Membentang lubang dalam dinding

17.6.1 Konstruksi lengkung

Konstruksi pada gambar 17–68 tidak mungkin terjadi; pekerjaan dinding tidak mungkin menerima tegangan tarik.

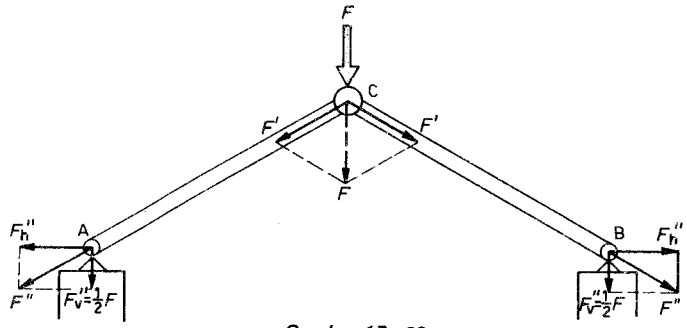




Gambar 17–68

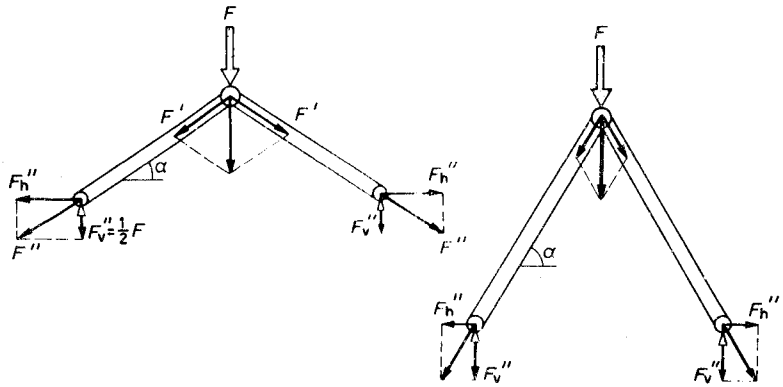
PERPUSTAKAAN WILAYAH DEP. PDAN
Jl. Walikota Mustajab. 68
SURABAYA

Suatu konstruksi yang menurut gambar 17–69 dibebani dalam engsel pada C dan terdiri dari bagian-bagian yang dihubungkan secara berengsel terhadap satu sama lain, tidak mendapat tegangan tarik.
Beban F dibawa melalui gaya F sepanjang sumbu batang AC dan BC ke titik perletakan A dan B. AC dan BC merupakan *garis tekan* dari konstruksi. Dalam hal ini gaya F^1 dipindahkan dari C ke A $(F' = F'')$

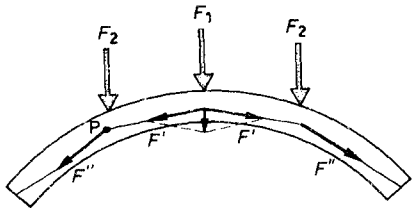


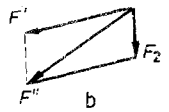
Gambar 17–69

Makin besar sudut α , makin kecil jadinya gaya urai horisontal F_h'' (gambar 17–70).
Oleh gaya F_2, garis tekan memperoleh jalan yang bertekuk (gambar 17–71).



Gambar 17–70

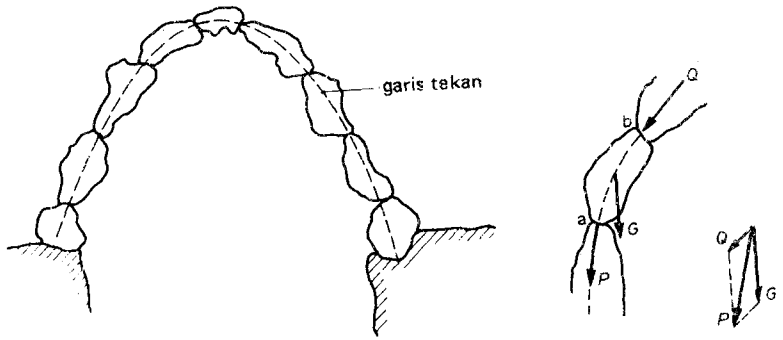




Lukisan gaya dalam titik P

Gambar 17–71

Jikalau titik singgung a dan b kebetulan terletak pada garis tekan, secara teoretis dapat terjadi suatu lengkungan dari batu-batu sembarangan (gambar 17–72).



Gambar 17–72

Pada keadaan suatu beban yang terbagi merata, yang kerapkali terjadi, garis tekan itu berjalan menurut suatu parabol. Dengan demikian dari mekanika telah diketahui (gambar 17–73):

$$F_h = \frac{q.l2}{8\,f}$$

di mana f = panah dari busur dan :

$$F_v = \frac{q.l}{2}$$

Jadi makin besar f, makin curam jadinya lengkungan dan lebih kecil jadinya F_h Suatu perbandingan yang secara ekonomis baik adalah:

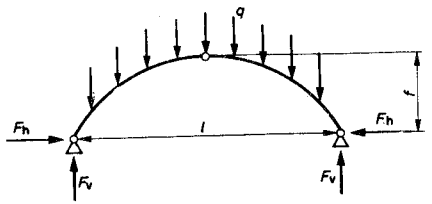
$$f/l = 1/7 \ldots 1/8$$

Untuk dapat membentang jarak AB, kita dapat memilih dari parabol yang curam dan parabol yang datar (gambar 17–74).
Selama lengkungan mengikuti garis tekan (parabol), hanya akan terjadi tegangan tekan dan konstruksi-batu adalah baik, asal reaksi horisontal F_h dapat dihasilkan.
Lengkungan berupa setengah lingkaran atau *lengkungan bulat* (gambar 17–75), jauh menyimpang dari bentuk parabol (garis-tekan). Oleh sebab itu dalam lengkungan juga terjadi tegangan tarik, yang menyebabkan lengkungan akan *berserak-serak/merintik* (= spatten).

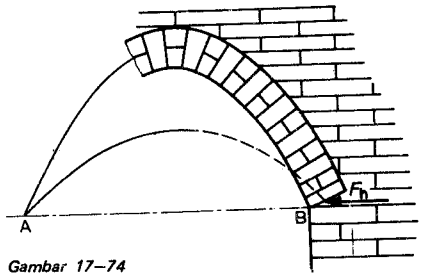
Lengkungan tembereng (gambar 17–76), sebagai bagian dari suatu lingkaran lebih sempurna mendekati parabol dan tidak akan begitu cepat memperlihatkan rintikan.

Garis tekan juga berlangsung terus sampai ke kaki tegak (= rechtstanden) (gambar 17–77) dan menjadi bertambah curam oleh bobot G (gajah tumpuan).

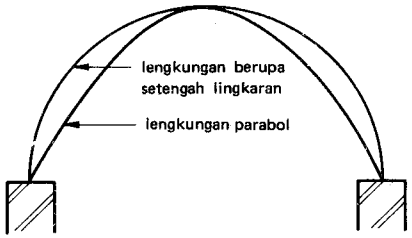
Suatu beban tambahan F di atas kaki tegak, akan membelokkan garis tekan dengan tajam ke arah vertikal (gambar 17–78). Pada gereja gotik umpamanya beban tambahan dihasilkan oleh "pinakel" pada gajah tumpuan (steunberen) (lihatlah I–3).



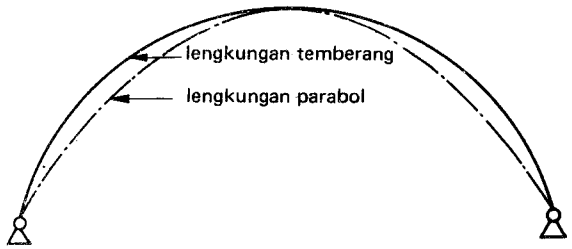
Gambar 17–73



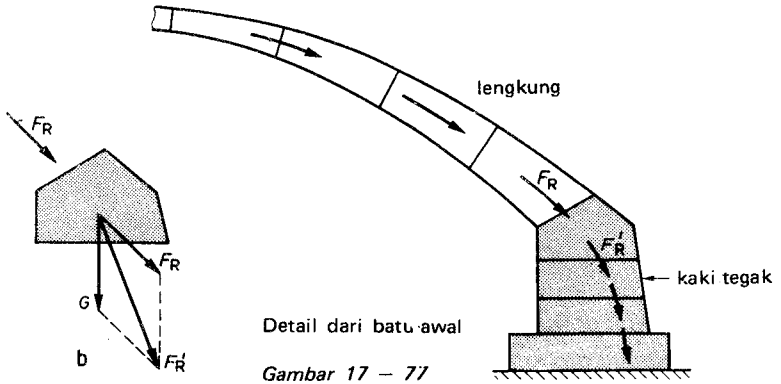
Gambar 17–74



Gambar 17–75

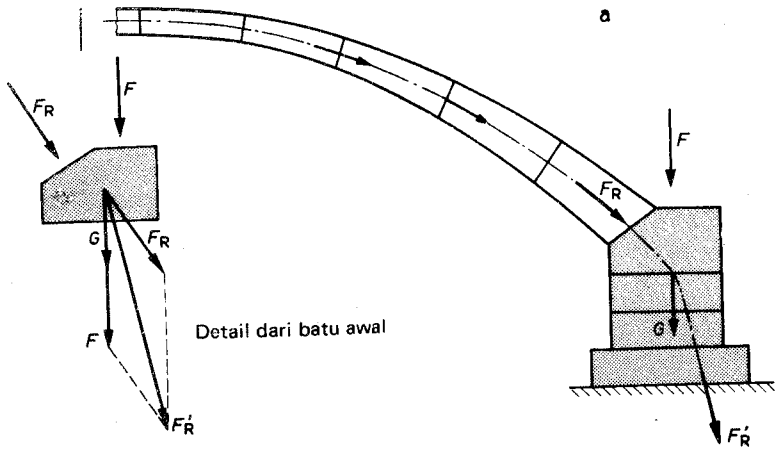


Gambar 17–76



Detail dari batu awal

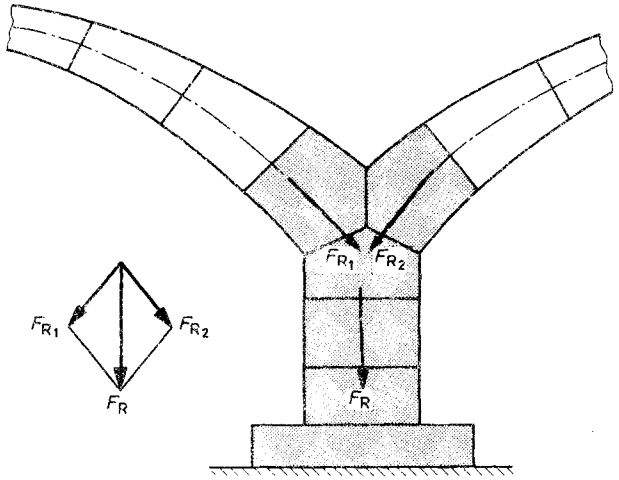
Gambar 17 – 77



Detail dari batu awal

Gambar 17–78

Dalam sebuah tiang antara berjalan garis tekan secara vertikal (gambar 17–79). Garis tekan sekali-kali tidak boleh keluar dari kaki tegak, karena dengan demikian kaki tegak akan hancur (gambar 17–80). Jadi dibutuhkan juga sebuah kaki tegak yang melebar ke bawah (gajah tumpuan) atau sebuah kaki tegak yang cukup lebar.



Gambar 17 – 79

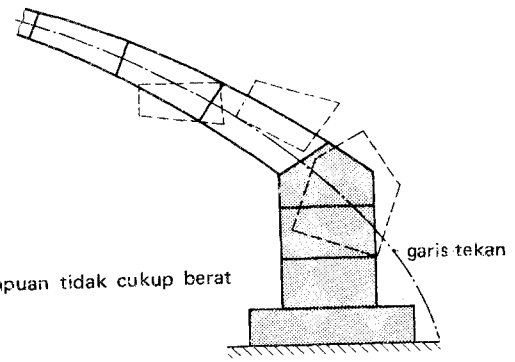
Garis tekan dalam kaki tegak dapat juga berjalan vertikal (gambar 17–81), dengan menggunakan sebuah batang tarik dari baja.

Bila lengkung itu lebih banyak, batang tarik harus berjalan tembus (gambar 17–82).

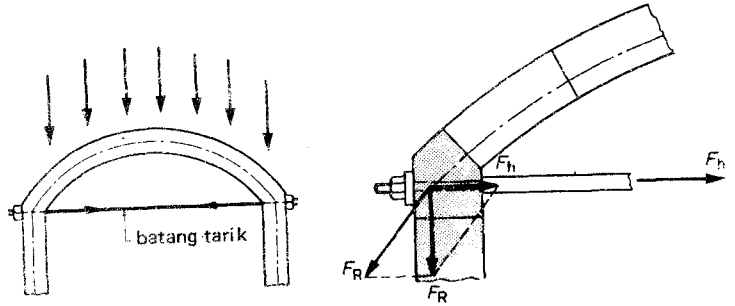
Garis tekan harus jatuh dalam batas ukuran lebar dari kaki tegak (gambar 17–83).

Untuk konstruksi lengkung datar yang sederhana, langsung di atas lengkung (dalam tembok) dapat juga dibenamkan beberapa batang baja beton (gambar 17–84), yang berfungsi sebagai batang tarik (sesungguhnya batang itu terletak terlampau tinggi, akan tetapi dapat dilaksanakan untuk lengkung yang tidak dibebani terlampau berat).

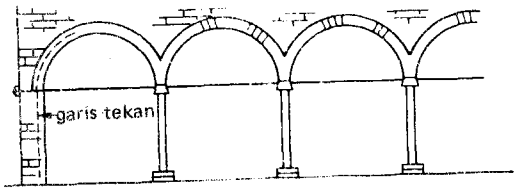
Kemungkinan baja akan berkarat, dapat merupakan suatu keberatan terhadap konstruksi yang semacam ini.



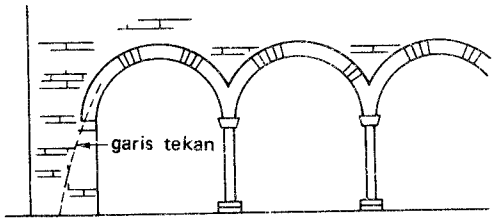
Gambar 17–80



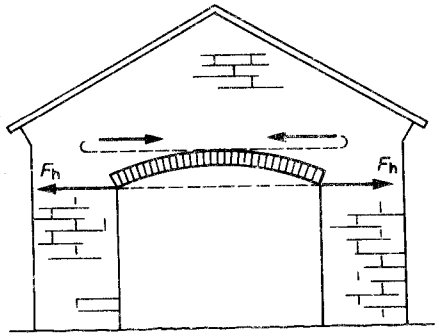
Gambar 17–81



Gambar 17–82



Gambar 17–83

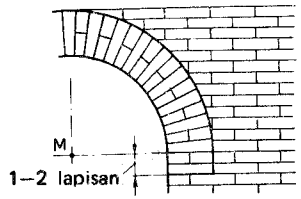


Gambar 17–84

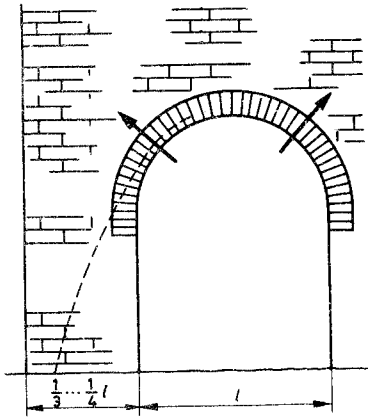
Rintikan (spatten) dapat dicegah dengan jalan menembok secukupnya *di atas* lengkung. Pada gambar 17–85, diperlihatkan ukuran lebar dari kaki tegak untuk lengkung bulat sederhana yang tidak dibebani terlampau berat.

Ukuran tinggi *h* dari lengkung tergantung dari beban (gambar 17–86). Biasanya ditetapkan.

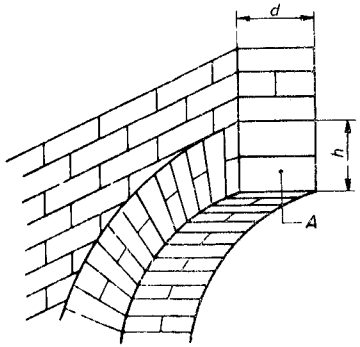
h memuat jumlah kepala yang sama banyaknya dengan jumlah meter dari l.



berdasarkan pertimbangan estetika, lapisan awal (= aanzet) ditambah 1 – 2 lapisan di bawah M, sebab kalau tidak demikian lengkung tidak kelihatan seperti lingkaran penuh.



Gambar 17–85



Gambar 17–86

Beban lengkung maksimum terdapat di tempat lapisan awal (gambar 17–87).

$$F_R = \sqrt{F_h^2 + F^2}$$

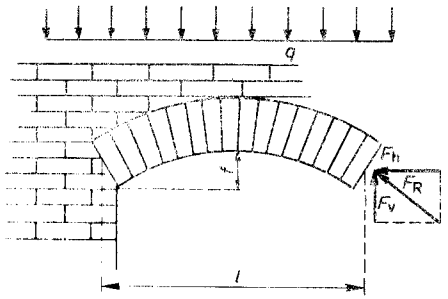
$$F_v = \frac{q \cdot l^2}{8f}$$

$$F_h = \frac{q \cdot l}{2}$$

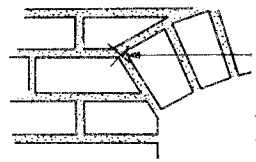
$$F_R = \bar{\sigma} \cdot A = \bar{\sigma}_d \cdot d \cdot h$$

Dari sini ukuran *d* dan *h* dapat ditentukan

Untuk memperoleh siar yang berjalan tidak terlampau tajam, lengkung tembereng dapat juga diatasi dengan sejumlah lengkung setengah batu (gambar 17 – 88).

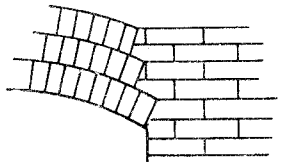


Gambar 17–87



titik harus jatuh bersamaan dengan sebuah diar pita (= linvoeg) sehubungan dengan pekerjaan tetak.

Detail dari lapisan awal lengkung temberang

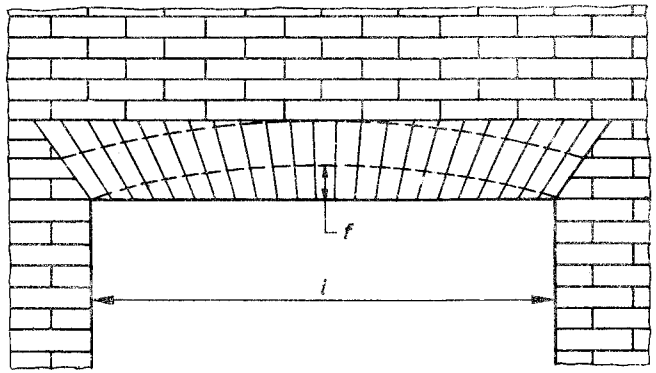


Gambar 17–88

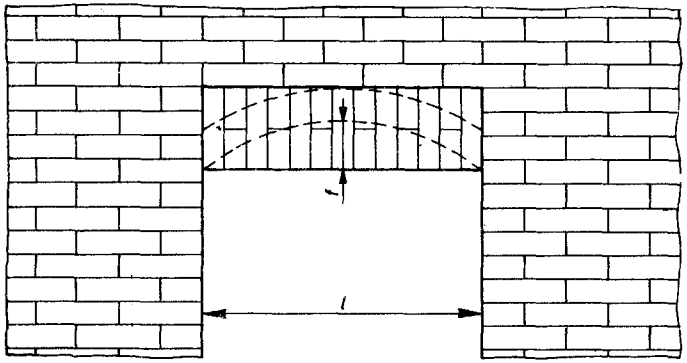
17.6.2 Bentangan regang (= strek) dan lapisan golong (= rollaag)

Sebagai konstruksi bentangan, dikenal juga bentangan regang atau balung ayam (gambar 17–80) dan lapisan golong (gambar 17–90). Daya dukung diperoleh dari pekerjaan lengkung (dari lengkung) yang digaris - titik.

Oleh karena perbandingan *f/l* = 1/7 . . . 1/8 pada suatu bentangan *l* yang besar mensyaratkan regangan yang sangat tinggi, konstruksi ini hanya sesuai untuk bentangan yang kecil.



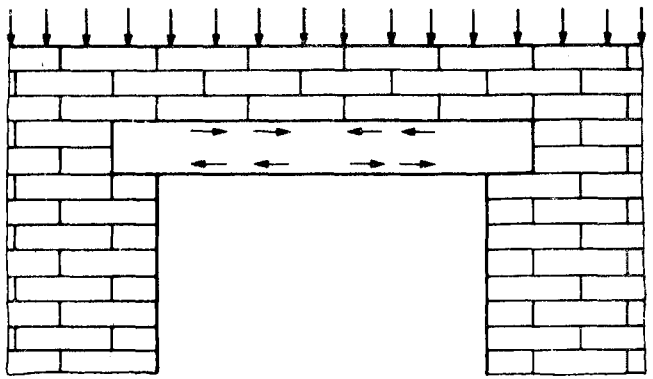
Gambar 17–89



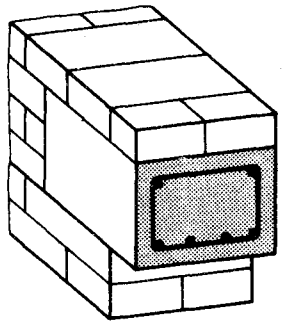
Gambar 17–90

17.6.3 L a t a i

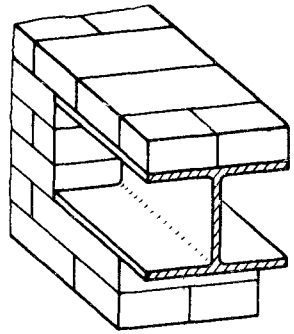
Sebuah lubang dalam dinding dapat juga dibentang oleh sepotong balok, yaitu *latai* (gambar 17–91), asal latai itu terdiri dari bahan yang dapat menerima tegangan tarik (tegangan lengkung) (gambar 17–92 dan gambar 17–93).



Gambar 17–91



Gambar 17–92

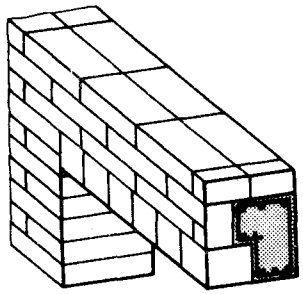


Gambar 17–93

Ukuran dari latai disesuaikan kepada beban dan kepada bentangan. (Lihatlah III–4). Bila perlu latai itu dapat ditutup sampai tidak terlihat (gambar 17–94 . . . 96).

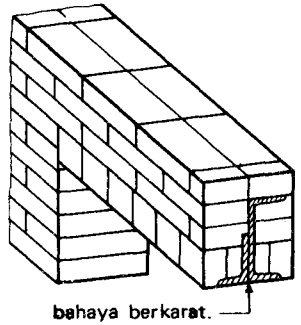
Hanya bagian yang diberi titik-titik pada gambar 17–97 yang duduk di atas latai. Sehubungan dengan pengaruh lengkung, "kaki tegak" *b* harus dibuat cukup besar.

Jikalau *b* itu kecil dalam dinding harus dipasang penulangan ! (batang-batang baja beton dipasang dalam siar !). Bila tidak demikian, konstruksi akan runtuh.



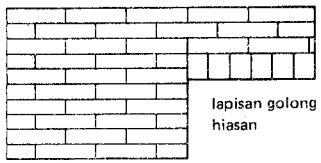
Latai dari beton bertulang

Gambar 17–94

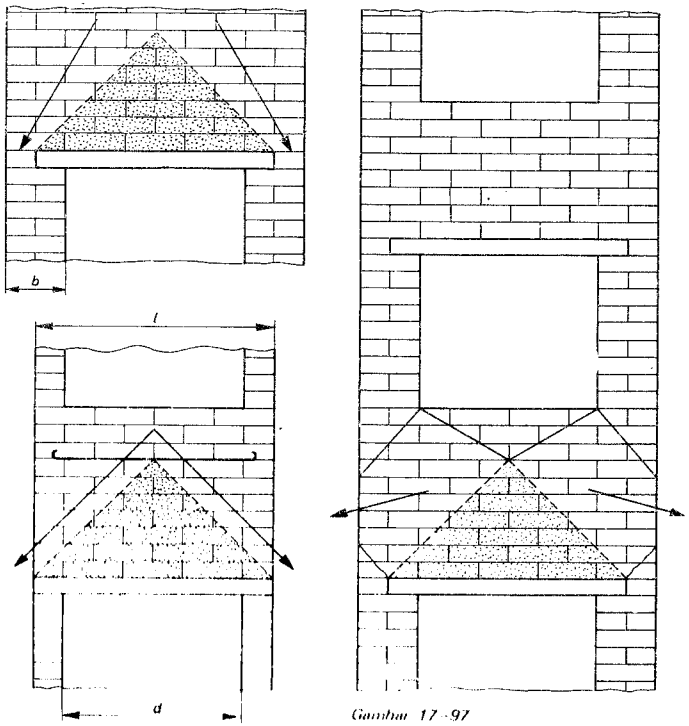


Latai dari balok profil baja

Gambar 17–95



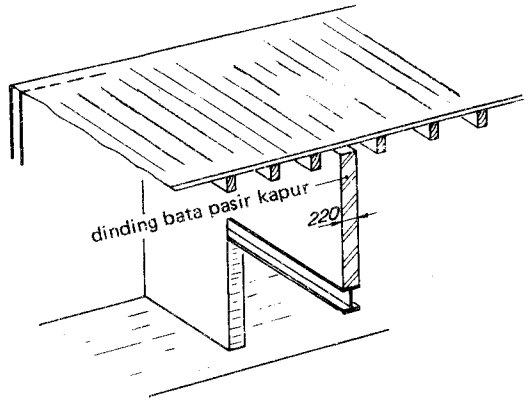
Gambar 17–96

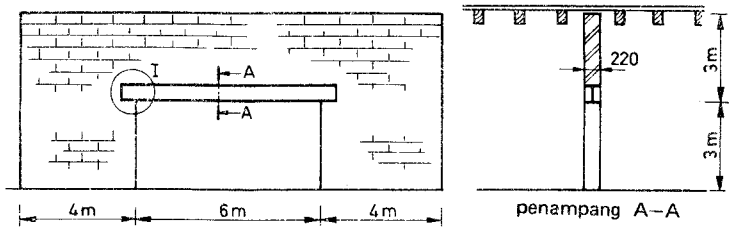


Gambar 17–97

TUGAS 16

Dalam dinding antara dari suatu ruangan pabrik, harus dibuat lubang lalulintas dengan ukuran lebar sebesar 6 m dan ukuran tinggi sebesar 3 m. Dinding antara itu adalah dinding bata pasir kapur satu batu, yang diturap pada kedua belah sisinya (gambar 17 – 98).



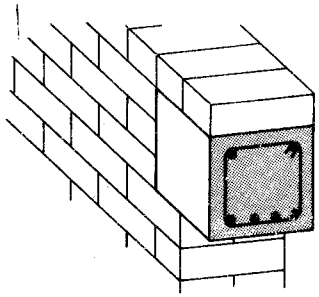


Gambar 17–98

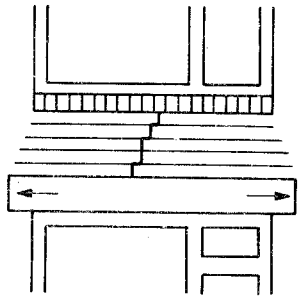
17.6.4 *Kesukaran fisik bangunan dan teknik pelaksanaan pada konstruksi latai*

Sebuah latai beton pada suhu yang meningkat, memuai lebih kuat daripada pekerjaan dinding di sekitarnya (gambar 17—99), sehingga terjadi retakan (gambar 17—100). Kofisen muai lurus dari kedua bahan itu berbeda.

Sebuah latai dengan ukuran panjang sebesar 4 m – bila beton dan pekerjaan dinding mengalami kenaikan suhu sebesar 20°C – akan bertambah panjang 0,9 mm, sedangkan pekerjaan dinding hanya bertambah panjang 0,5 mm.



Gambar 17—99



Gambar 17—100

TUGAS 17

Periksalah keterangan tersebut di atas dengan bantuan data dalam II—3. Berilah tiga macam jawaban yang berlainan untuk konstruksi bentangan, yaitu:

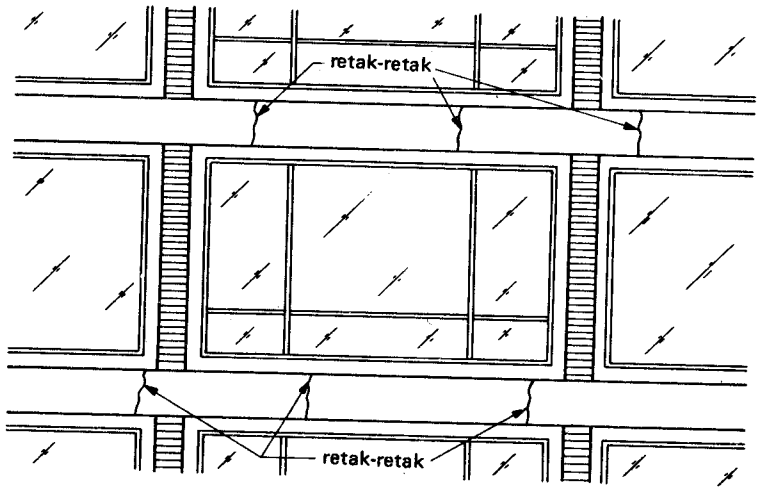
a. latai dari baja;
b. latai dari beton bertulang;
c. konstruksi lengkung.

Lukiskanlah penampang AA dan detail I yang bersangkutan dengan itu (Perhatikanlah juga kekuatan, kekakuan, perletakkan dan penghalusan kerja !).

Berhubung dengan besarnya variasi dalam suhu udara dan sinar matahari, retak-retak kebanyakan terjadi pada latai, yang terlihat pada sisi sebelah luar dari suatu dinding hadapan.

Sebuah balok pinggiran dari dinding hadapan pada sisi sebelah luar mengalami pertukaran suhu yang jauh lebih besar daripada yang dalam bangunan.

Jikalau balok pinggiran itu tidak cukup diberi penulangan, pada jarak yang tak teratur dapat terjadi retak-retak yang besar, yang malahan dapat menimbulkan kebocoran (gambar 17—101).



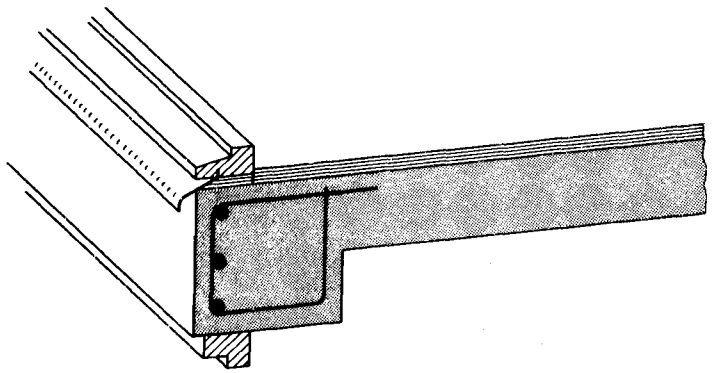
Gambar 17—101

Dengan jalan memberi penulangan sebesar 1% pada sisi sebelah luar (gambar 17—102), retak-retak itu menjadi halus dar terbagi merata, lalu tidak akan menimbulkan kerusakan lagi.

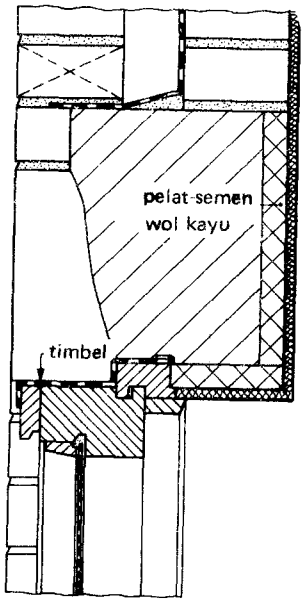
Lebih sempurna lagi bila latai disalut dari dalam dan dari luar (gambar 17—103). Dengan demikian suhu dari latai beton sendiri tidak begitu banyak mengalami perubahan.
Selain daripada itu suhu dari permukaan dalam menjadi lebih tinggi, bahaya kondensasi jadi berkurang. (Pertanyaan: Apa sebabnya ?).

Sungguhpun demikian, pada latai semacam ini masih kerapkali juga terjadi retakan (gambar 17—104).

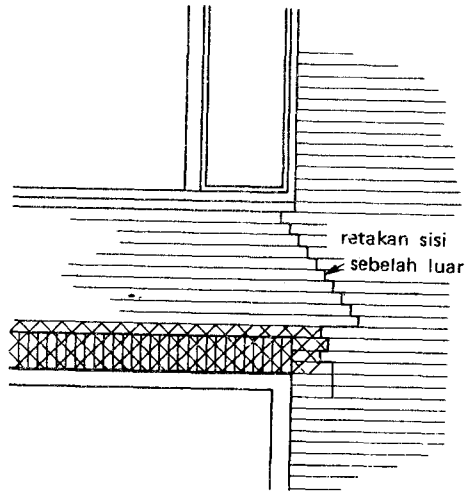
Secara setempat, latai menghubungkan dinding celah udara sebelah dalam dengan dinding celah udara yang sebelah luar (lihatlah bagian yang diarsir). Bagian dinding ini bersifat lain daripada bagian dinding yang selebihnya.
Pada sisi sebelah dalam, latai semacam ini dapat terlepas (gambar 17—105).



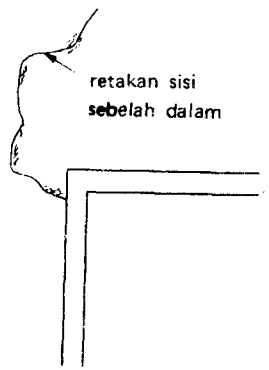
Gambar 17—102



Gambar 17—103



Gambar 17—104



Gambar 17—105

17.7 K o l o m

17.7.1 Beban terpusat (sentral)

Dalam II telah dibahas pengertian tentang tegangan tekuk $\bar{\sigma}$ tekuk. Di sana juga diberikan grafik untuk tegangan yang diizinkan $\bar{\sigma}$ tekuk pada kayu, baja dan batu sebagai fungsi dari ukuran-tebal kolom yang terkecil.

Bahaya tekukan terdapat, jikalau ukuran panjang l_k itu lebih besar dibandingkan dengan penampang lintang. Jadi dalam kolom, harus diperkenankan tegangan tekan yang *lebih rendah* daripada tegangan-tekan yang diizinkan secara normal.

Tegangan yang direduksikan ini, dinamakan tegangan tekuk yang diizinkan $\bar{\sigma}$ tekuk, di mana berlaku: $\bar{F} = \bar{\sigma}$ tekuk $\cdot A$.

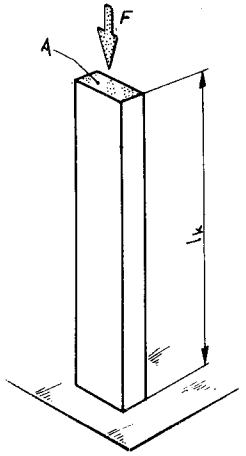
Di sini:

$\bar{F}$ = gaya tekan terpusat yang diizinkan;

$\bar{\sigma}_{tekuk}$ = tegangan tekuk yang diizinkan;

A = luas dari penampang lintang kolom.

Lihatlah gambar 17—106



Gambar 17—106

Tegangan tekuk tergantung dari *kelangsingan* λ dari kolom:

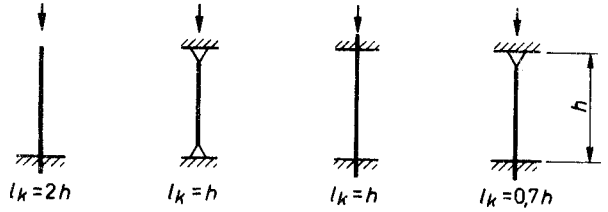
$$\lambda = \frac{l_k}{i_{min}}, \text{ di mana :}$$

$$i_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}}$$

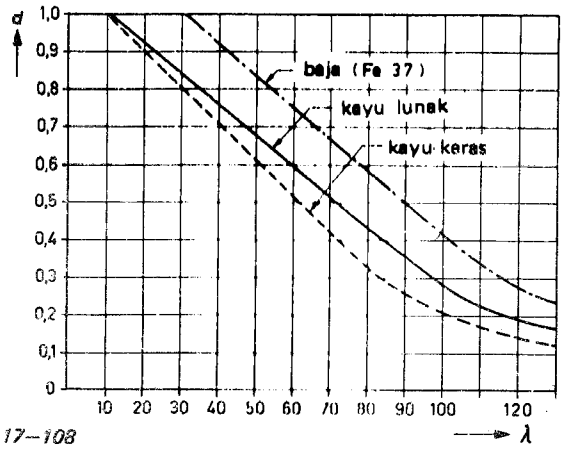
i dinamakan *jari-jari kelambanan.*

Untuk berbagai sambungan, l_k itu berbeda-beda (gambar 17—107) Tegangan tekuk yang diizinkan $\bar{\sigma}_{tekuk} = \alpha\, \bar{\sigma}_d$ di mana α tergantung dari λ menurut grafik dalam gambar 17—108.

Untuk beban terpusat dari kolom beton bertulang, lihatlah II—5.



Gambar 17—107



Gambar 17—108

TUGAS 18

Tentukanlah ukuran yang dibutuhkan dari sebuah kolom yang dibebani *terpusat,* yang harus dapat mendukung beban sebesar 250 kN. Kolom berdiri sendiri (berengsel) dan mempunyai ukuran panjang sebesar 3,50 m.

a. Laksanakanlah kolom dari kayu.
b. Laksanakanlah kolom dari baja, yaitu masing-masing dari profil — IPE, dari profil — HE dan dari sebuah pipa baja tanpa kampuh.
c. Seperti di atas dalam beton bertulang.
d. Seperti di atas dalam pendinginan (klingker batu — pasir kapur).
e. Berapakah menurut taksiran anda besarnya biaya dari kolom ?

17.7.2 Beban luar pusat (= eksentris) dari kolom

Kerapkali terjadi, bahwa kolom dibebani secara eksentris (luar pusat) (gambar 17—109).
Keadaan pembebanan dari kedua hal pada gambar 17—110 adalah sama. Selain daripada beban terpusat, kolom harus pula memindahkan suatu momen lengkung.
Untuk kolom dari *baja :*

$$\bar{F} = \alpha \cdot A \left(\bar{\sigma}_d - 0{,}8 \frac{M}{W_x} \right)$$

atau:

$$\frac{F}{A} + 0{,}8 \cdot \alpha \cdot \sigma_{b_x} \leqq \bar{\sigma}_{\lambda_x}$$

Untuk kolom dari *kayu*:

$$\frac{F}{A} + \frac{\sigma_{\lambda_x}}{\sigma_b} \cdot \sigma_{b_x} \leqq \sigma_{\lambda_x}$$

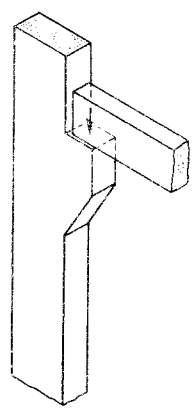
Dalam rumus adalah:

$\bar{F}$ = gaya tekan eksentris (= luar pusat) yang diizinkan;
$\bar{F}$ = gaya tekan eksentris yang bekerja;

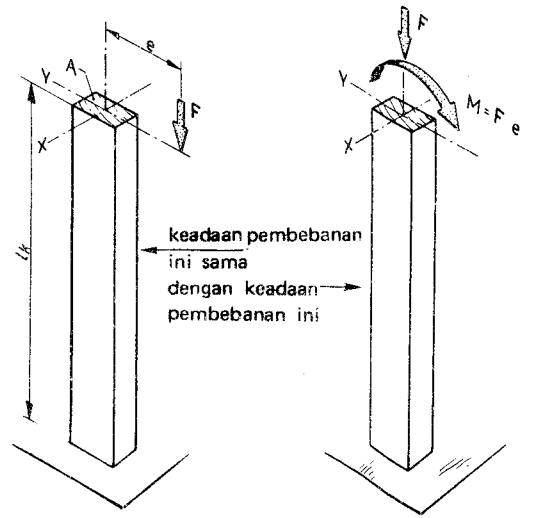
$\bar{\sigma}_d$ = tegangan tekan yang diizinkan dalam bahan;
M = momen lengkung sebagai akibat dari eksentrisitas;
W_x = momen tambahan sekitar sumbu — x;
α = suatu kofisen;
A = luas dari penampang lintang;
$\bar{\sigma}_b$ = tegangan lengkung yang diizinkan;
$\bar{\sigma}_{\lambda_x}$ = tegangan tekuk yang diizinkan dalam arah — x

Selanjutnya berlaku:

$M/W_x = \sigma_{bx}$
= tegang lengkung yang bekerja.



Gambar 17—109



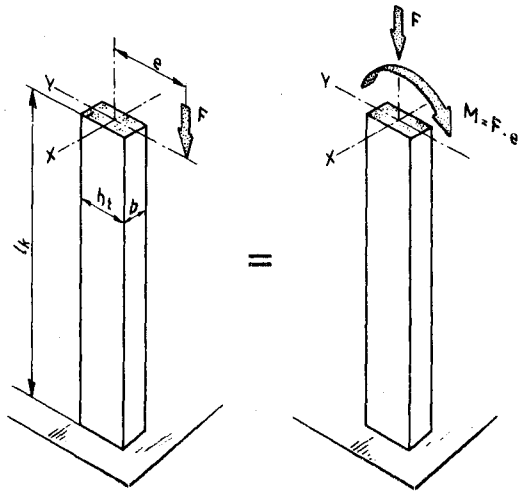
Gambar 17—110

Kolom beton bertulang (B 225 – Fe B 22)

Pada beban eksentris dan penulangan sebesar 1%, penulangan pokok ditempatkan setangkup terhadap sumbu – x.

σ_{tekuk} dalam *arah lengkungan*, di samping tergantung dari perbandingan l_k/h_t, tergantung juga dari eksentrisitas e (atau dari momen lengkung M).

Lihatlah gambar 17–111.



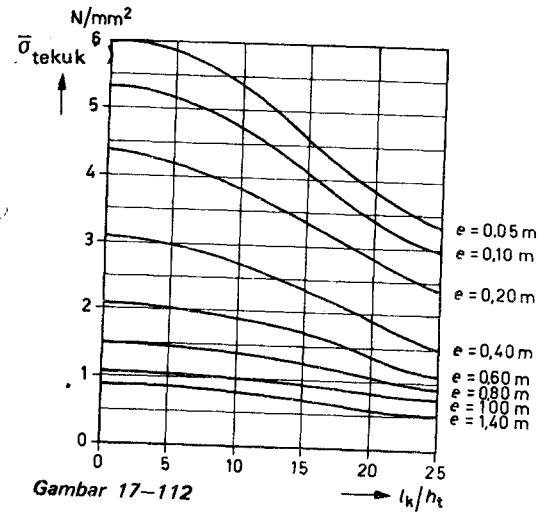
Gambar 17–111

Untuk $\bar{\sigma}_{tekuk}$ lihatlah grafik pada gambar 17–112.

Jikalau kolom dihubungkan secara kaku (dijepit) dengan konstruksi beton lainnya, untuk ukuran panjang tekukan dapat dihitung 0,7 l (l = ukuran panjang sebenarnya !); lihatlah juga halaman 196 - 197

Ingatlah, bahwa sebuah kolom yang dibebani terhadap lengkungan, harus pula diperhitungkan dalam arah ⊥ terhadap arah lengkungan !

Jadi dalam arah ini $\bar{F} = \sigma_{tekuk} \cdot A_{beton}$, di mana $\bar{\sigma}_{tekuk}$ dapat dibaca dari grafik dalam II – 5 – 3.



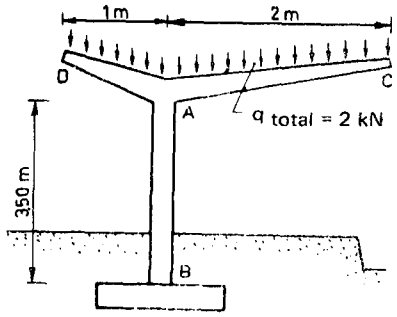
Gambar 17–112

TUGAS 19

Konstruksi dalam gambar 17–113, dilaksanakan dalam beton bertulang. Kolom A–B dijepit dalam pelat fondasi.

Tentukanlah ukuran dari kolom A–B dan dari balok yang menonjol ke luar A–C dan A–D.

Lukiskanlah letak dari penulangan pokok dalam baigan-bagian konstruksi ini.



Gambar 17–113

TUGAS 20

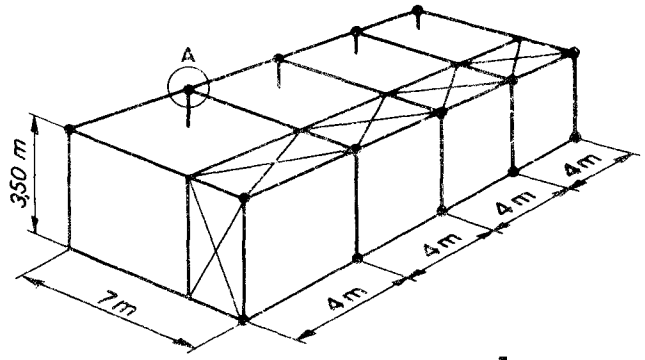
Laksanakanlah konstruksi dari tugas 19 dengan profil baja yang dilas.

Berikanlah lukisan detail dari titik A (termasuk ukuran las).

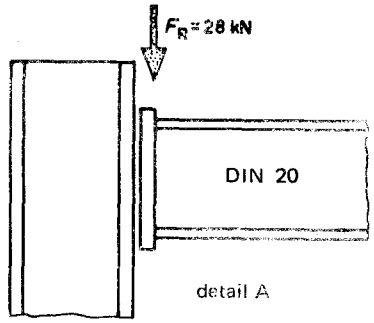
TUGAS 21

Kepada kolom dari bangunan di samping ini (gambar 17–114), dipindahkan sebuah gaya F_R = 28 kN. Jalur kelam (= regels) dihubungkan kepada kolom oleh baut-baut, melalui sebuah pelat puncak yang dilas (hubungan berengsel).

Tentukanlah ukuran kolom dan berilah sebuah sketsa ukuran dari sambungan A (gambar 17–115).



Gambar 17–114



Gambar 17–115

18 ATAP

18.1 Beban dan konstruksi

Atap biasanya kurang dapat mendukung daripada lantai (gambar 18–1).

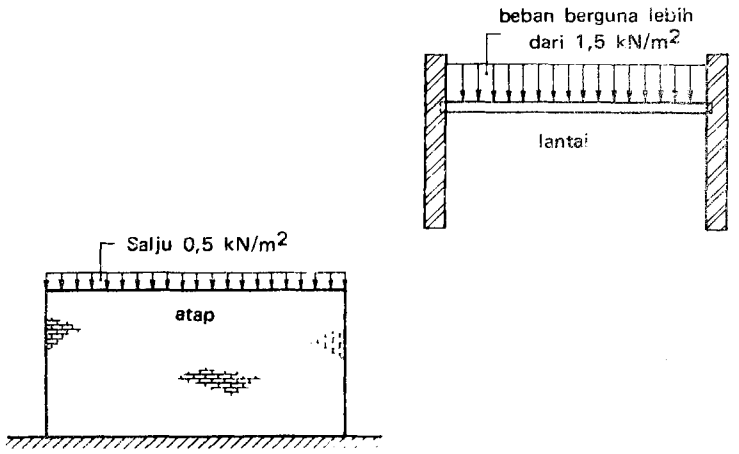
Beban angin sangat penting pengaruhnya, terutama pada atap yang *curam tinggi* dan pada bangunan yang terbuka (gambar 18–2).

Bersamaan dengan data fungsional, seperti keinginan untuk mengkreasikan ruangan tanpa kolom, kerapkali membawa data tersebut di atas kepada konstruksi bentangan yang *lebih besar*. Pada bentangan yang besar, konstruksi terutama dibebani oleh bobotnya sendiri (lihatlah I–1).

CONTOH

Lihatlah gambar 18–3 .

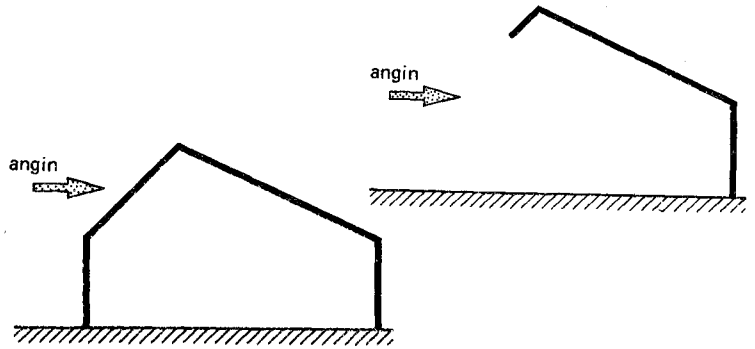
Lantai atap beton, bentangan bebas 6 m, tebal 170 mm (syarat pelenguangan).



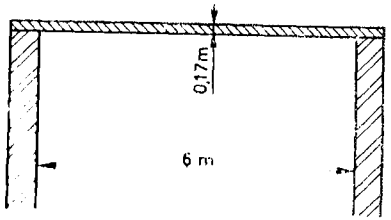
Gambar 18–1

Beban tetap seperti kersik, tutup atap dan beban isolasi	:	1,00 kN/m^2	
Lantai beton	:	4,25 kN/m^2 +	
Jumlah bobot diri	:	5,25 kN/m^2	91%
Beban berguna	:	0,50 kN/m^2 +	9% +
Jumlah seluruhnya	:	5,75 kN/m^2	100%.

Jadi sangat penting artinya untuk menghemat dalam bobot diri.



Gambar 18–2



Gambar 18–3

Penghematan dalam bobot diri, dapat dicapai dengan menggunakan bahan yang *menurut perbandingan* dengan bobot dirinya, memiliki kekuatan yang secara relatif cukup besar, seperti kayu, baja dan beton bobot ringan.

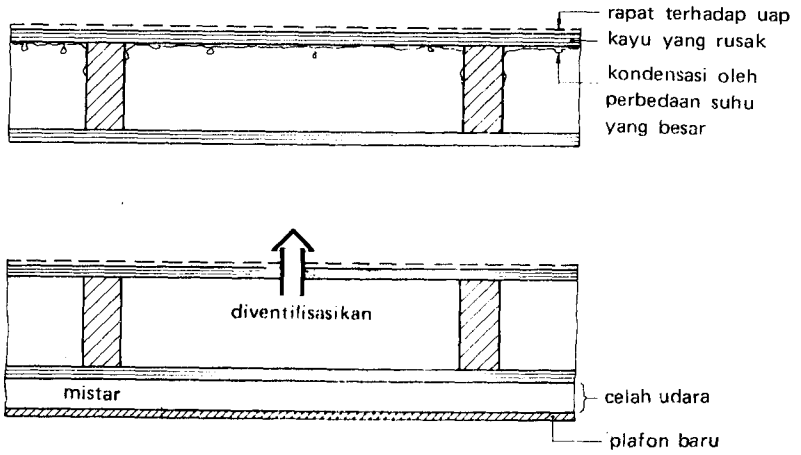
Akan tetapi yang lebih penting ialah untuk merancang *bentuk* dari konstruksi sedemikian rupa, sehingga bahan yang dilaksanakan bermanfaat seluruhnya.

Hal ini akan dibahas dalam III–19, "Pemberian bentuk secara konstruktif". Selain daripada itu, gelagar atap dan pelat atap, pada prinsipnya dihitung sebagaimana yang tersebut di atas dalam III–17.

18.2 Isolasi dari atap

18.2.1 Atap datar

Prototip dari sebuah atap datar, berasal dari akhir abad yang lalu. Pada jenis atap ini terdapat banyak problema secara alami (gambar 18–4).



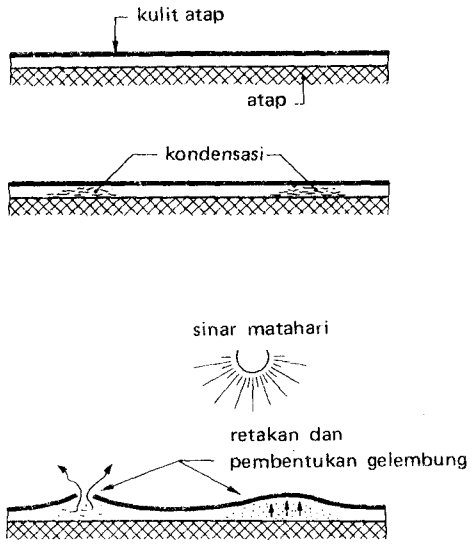
Perbaikan dari suatu atap yang telah ada dengan jalan memasang sebuah plafon tambahan.

Gambar 18–4

Banyak "kebocoran" atap disebabkan oleh problema kondensasi dari dalam !

Bila sedikit saja terjadi kumpulan air yang terjadi oleh kondensasi antara kulit atap yang rapat dan konstruksi yang berada di bawahnya, keadaan itu telah dapat membawa akibat yang merugikan. Oleh sinar matahari umpamanya, 1 gram air dapat dirubah menjadi 1,5 liter uap air. Lihatlah gambar 18–5.

Akibatnya ialah pembentukan gelembung dan lama kelamaan dapat merusak kulit atap. Pada sisi sebelah dalam dapat terjadi bidang basah dan bidang jamuran karena kadar lengas yang tinggi.



Gambar 18–5

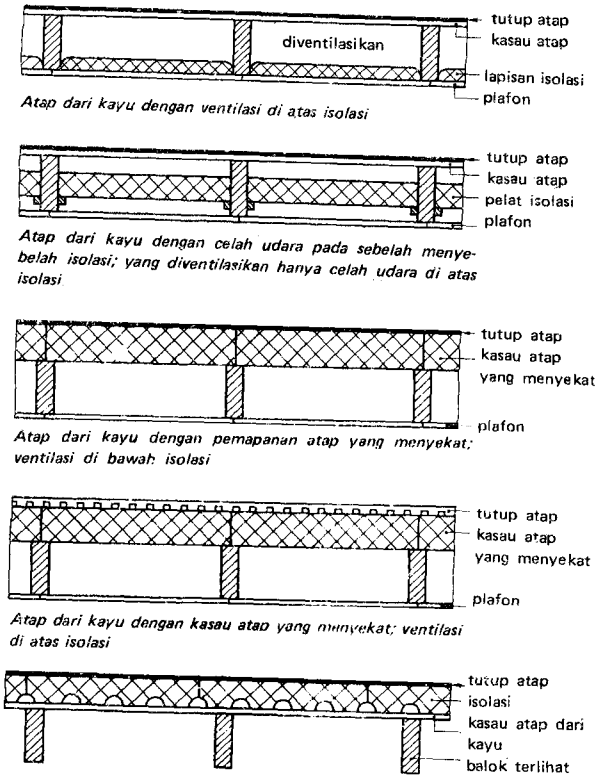
a Berbagai jenis konstruksi atap dari kayu

Udara luar biasanya lebih sejuk daripada udara dalam (di Nederland), pasti di waktu musim dingin udara luar mengandung lebih sedikit uap air daripada udara dalam: lihatlah grafik dalam III–14.2.

Oleh sebab itu ventilasi dilakukan dengan udara luar. Ventilasi itu bertujuan untuk *mengganti udara dalam* yang telah jenuh oleh uap air dengan *udara luar* yang sedikit mengandung uap air (Lihatlah gambar 18–6).

TUGAS 1

Berilah dari tiap konstruksi yang sebelum ini, suatu pembahasan tentang kualitas dan perhitungan tentang biaya pembuatannya.



Atap dari kayu dengan ventilasi di atas isolasi

Atap dari kayu dengan celah udara pada sebelah menyebelah isolasi; yang diventilasikan hanya celah udara di atas isolasi

Atap dari kayu dengan pemapanan atap yang menyekat; ventilasi di bawah isolasi

Atap dari kayu dengan kasau atap yang menyekat; ventilasi di atas isolasi

Atap dari kayu dengan isolasi di atas kasau atap ventilasi di bawah isolasi

Gambar 18–6

b. Atap dari logam

Pertanyaan:

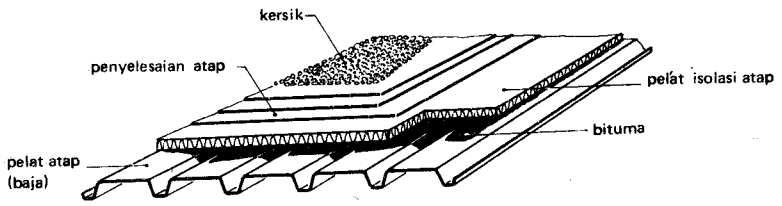
1. Apakah sebabnya pada konstruksi dari gambar 18–7 dan gambar 18–8 tidak diadakan ventilasi ?
2. Apakah bahan isolasi kalor yang digunakan juga mempunyai fungsi menyekat suara ? Berilah penjelasan terhadap jawaban anda.

c Berbagai jenis konstruksi atap beton

Suatu konstruksi yang kurang sempurna, yang hanya dipergunakan untuk ruangan kering yang tidak dipanaskan (atau didinginkan), diperlihatkan dalam gambar 18–9.

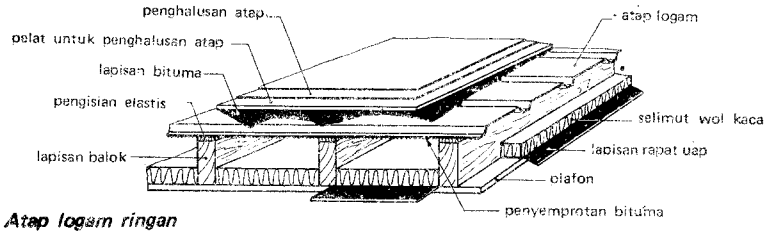
Pertanyaan:

1. Apa sebab pada umumnya penting untuk mengadakan ventilasi sedekat mungkin di bawah tutup atap ?
2. Berhubung dengan pertanyaan 1, manakah yang terbaik dari ketiga konstruksi atap beton dengan ventilasi yang dilukiskan pada gambar 18–10 . . . 12 ?



Pelat isolasi atap direkat pada logam ringan

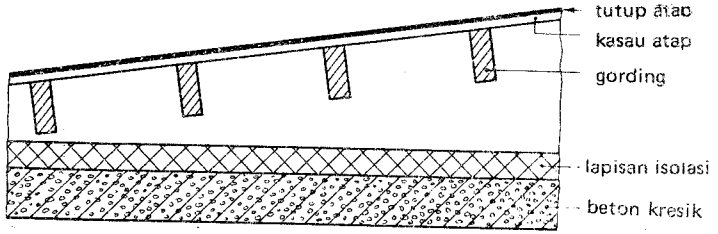
Gambar 18–7



Atap logam ringan

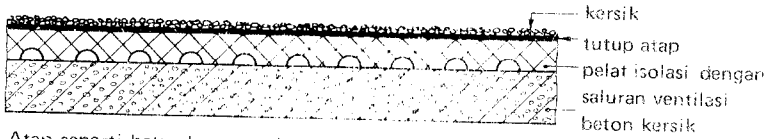
Gambar 18–8

Gambar 18–9



Atap payung : suatu cara untuk sebuah atap seperti batu dengan ventilasi di atas isolasi.

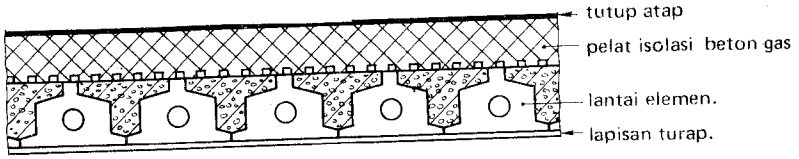
Gambar 18–10



Atap seperti batu dengan pelat saluran ventilasi di bawah isolasi dalam praktek banyak dilaksanakan

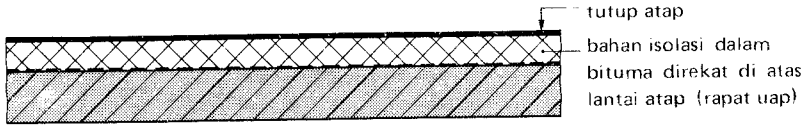
Gambar 18–11

Dalam ruangan yang kering (derajat keiengasan yang relatif rendah), dapat juga dilaksanakan konstruksi atap dari gambar 18–13 dengan sempurna.



Atap seperti batu (pada prinsipnya sama dengan konstruksi se perti sebelum ini).

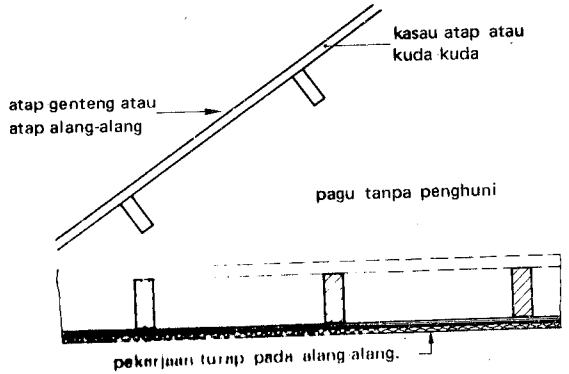
Gambar 18–12



Gambar 18–13

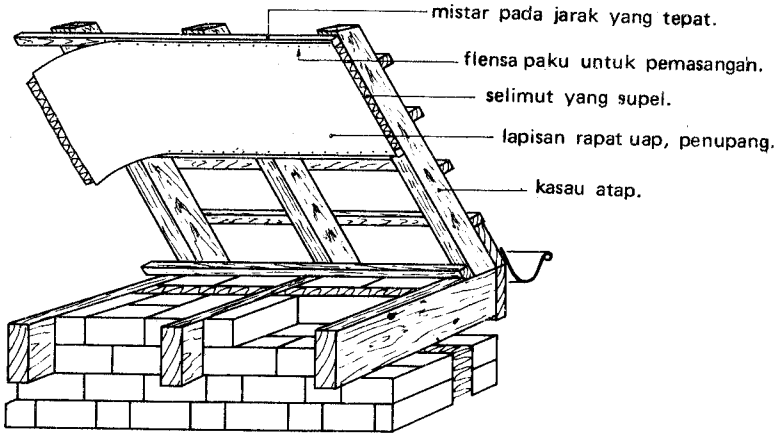
18.2.2 Bentuk atap yang lain

Kap model "kuno" sebagaimana yang dilukiskan pada gambar 18–14, menyekat kalor dengan sempurna (apakah sebabnya ?).



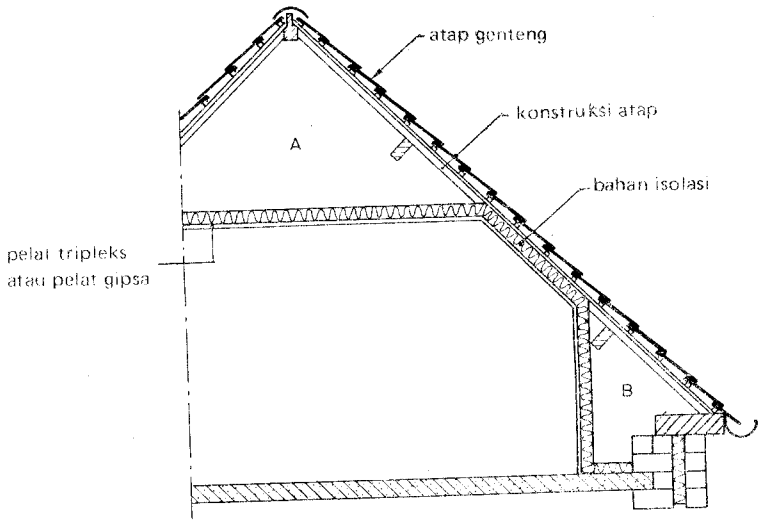
Gambar 18–14.

Jikalau pagu itu harus dibuat supaya dapat dihuni, keadaan itu sama sekali tidak membawa kesulitan (gambar 18–15).



Gambar 18–15

Pada pagu (loteng) yang dapat didiami, yang banyak dilaksanakan sekarang terhadap rumah satu keluarga, pada prinsipnya yang paling baik adalah dari gambar 18–16. Ruang A dan B diventilasikan.



Gambar 18–16

19 PEMBERIAN BENTUK KONSTRUKTIF

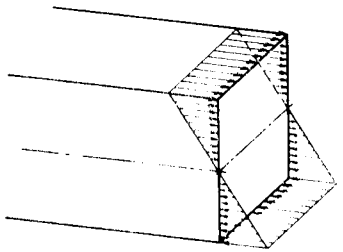
19.1 Umum

Dalam III–18 telah dapat dilihat, bahwa pada konstruksi bentangan yang besar, bobot diri konstruksi itu adalah relatif besar. Untuk penggunaan bahan secara ekonomis, adalah sangat penting memanfaatkan bahan seluruhnya atau sebanyak mungkin.

CONTOH

Pada batang yang dibebani khusus terhadap tarikan, tiap "serat" dimanfaatkan selengkap mungkin (gambar 19–1).

Gambar 19–1



Gambar 19–2

Pada umumnya berlaku ketentuan sebagai berikut:

Ketentuan I :
Lengan tuas dalam dibuat sebesar mungkin.

Ketentuan II:
Bentuk pokok dari konstruksi dirancang sedemikian rupa, sehingga momen lengkung yang terjadi tinggal tetap kecil.

Sebagai peringatan:

Pada momen, serat yang berada paling tengah *tidak* dimanfaatkan sebanyak-banyaknya (gambar 19–2).

Ketentuan III:
Bentuk gelagar dirancang sedemikian rupa, sehingga gelagar itu mengikuti garis M.

19.2 Contoh

Catatan
Carilah motifnya pada tiap contoh !

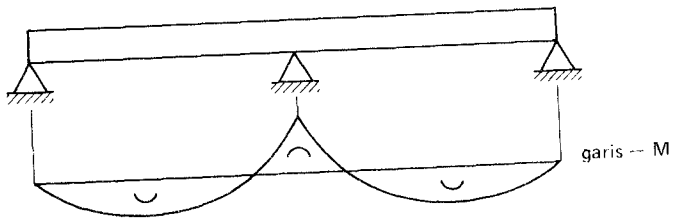
CONTOH 1

Pelaksanaan dari Ketentuan I.
Lihatlah III–17 untuk:

- gelagar – I
- gelagar – □
- gelagar – T
- gelagar yang dikonstruksikan.

CONTOH 2

Pelaksanaan dari Ketentuan II.
(gambar 19–3).



Lebih banyak titik tumpuan di bawah satu gelagar panjang.

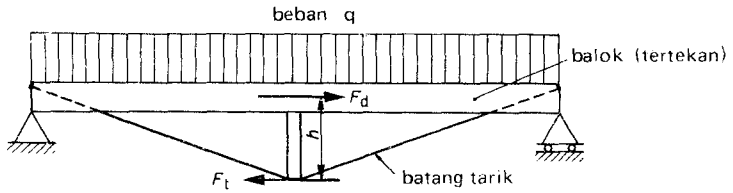
Gambar 19–3

CONTOH 3

Pelaksanaan dari Ketentuan I dan III (gambar 19–4).
Untuk seluruh konstruksi:

$$M = \tfrac{1}{8} q \cdot l^2 = F_t \cdot h = F_d \cdot h$$

$$F_t = F_d = \frac{q \cdot l^2}{8h}$$



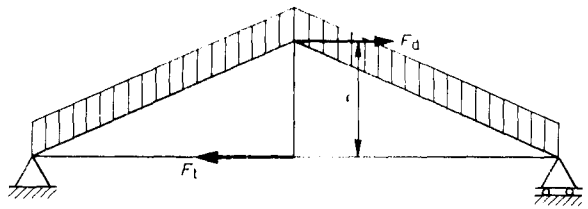
Gelagar jembatan

Gambar 19–4

CONTOH 4

Pelaksanaan dari Ketentuan I dan III (gambar 19–5).

$$F_t = F_d = \frac{q \cdot l^2}{8h}$$

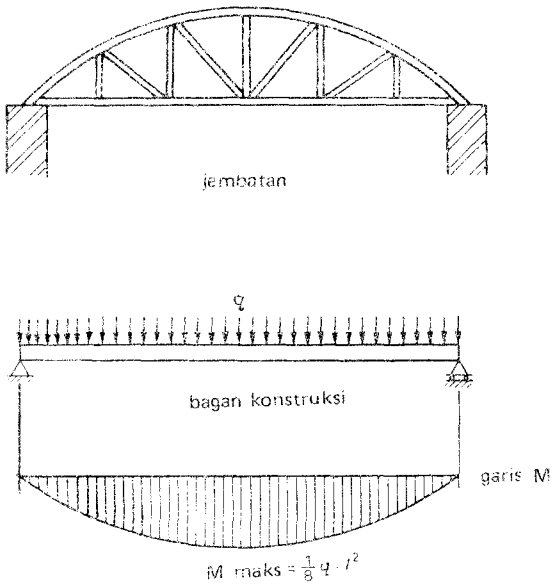


Rusuk penupang

Gambar 19–5

CONTOH 5

Pelaksanaan dari Ketentuan I dan III (gambar 19–6).
Gelagar konstruksi "mengikuti" garis M; pada tempat di mana M itu maksimum, lengan tuas dalam adalah juga maksimum.



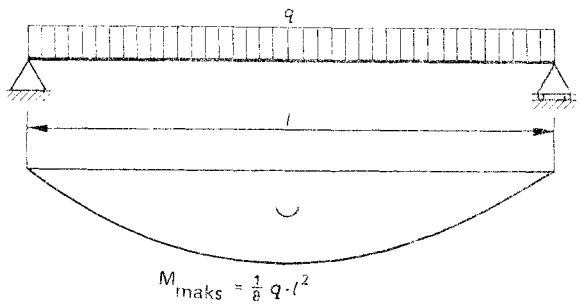
Gambar 19–6

CONTOH 6

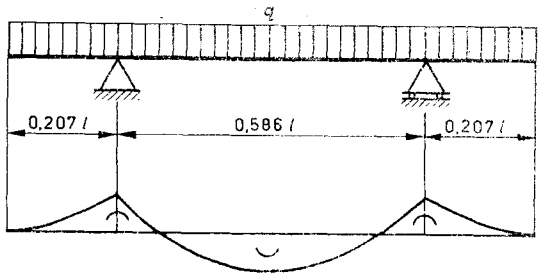
Pelaksanaan dari Ketentuan II (gambar 19–7)

$$M_{maks} = M_{medan} = M_{titik\ tumpuan}$$
$$= \tfrac{1}{24}\, g\, (0{,}207\, l)^2 = 1/48\, q.\, l^2$$

Oleh penonjolan keluar M_{maks} menjadi 6 x lebih kecil.



Titik tumpuan pada kedua ujung kurang tepat



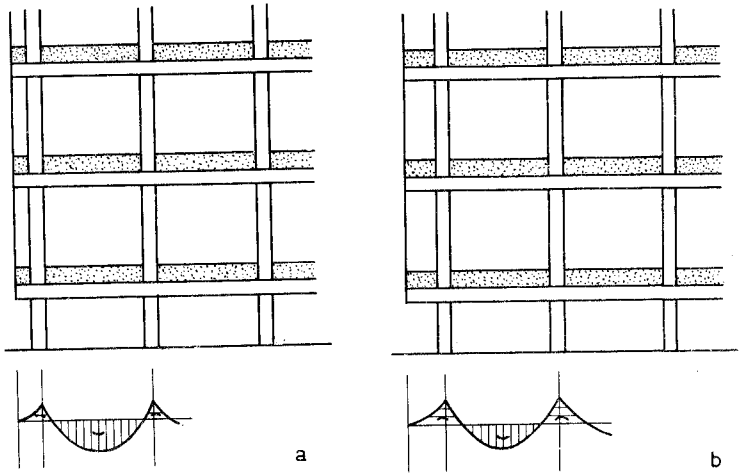
Titik tumpuan lebih tepat

Gambar 19–7

CONTOH 7

Bangunan kerangka.

Pelaksanaan dari ketentuan II (gambar 19–8 dan 19–9).
Jadi l memberikan situasi yang paling menguntungkan.



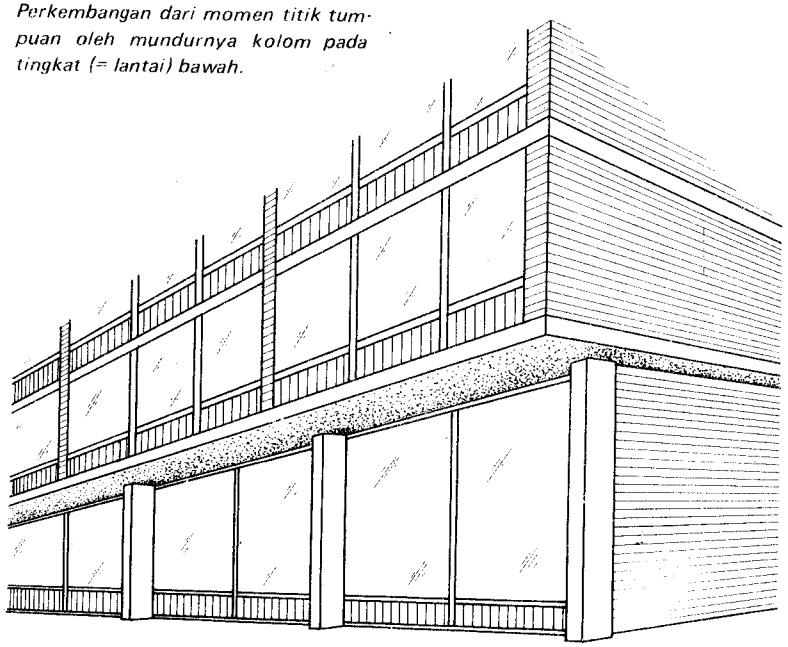
$M_{titik\ tumpuan}$ kecil; M_{medan} besar

$M_{titik\ tumpuan} = M_{medan}$

$M_{titik\ tumpuan}$ besar; M_{medan} kecil

Gambar 19–8

Perkembangan dari momen titik tumpuan oleh mundurnya kolom pada tingkat (= lantai) bawah.

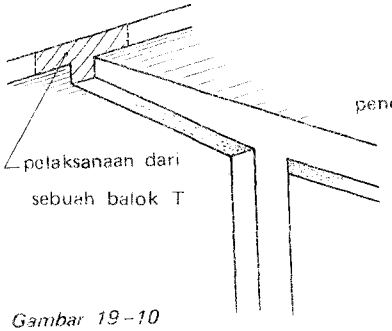


Gambar 19–9

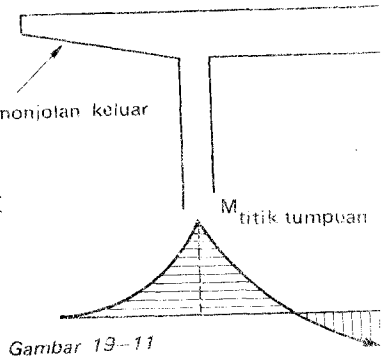
CONTOH 8

Pelaksanaan dari Ketentuan I, II dan III (gambar 19–10, 19–11 dan 19–12).

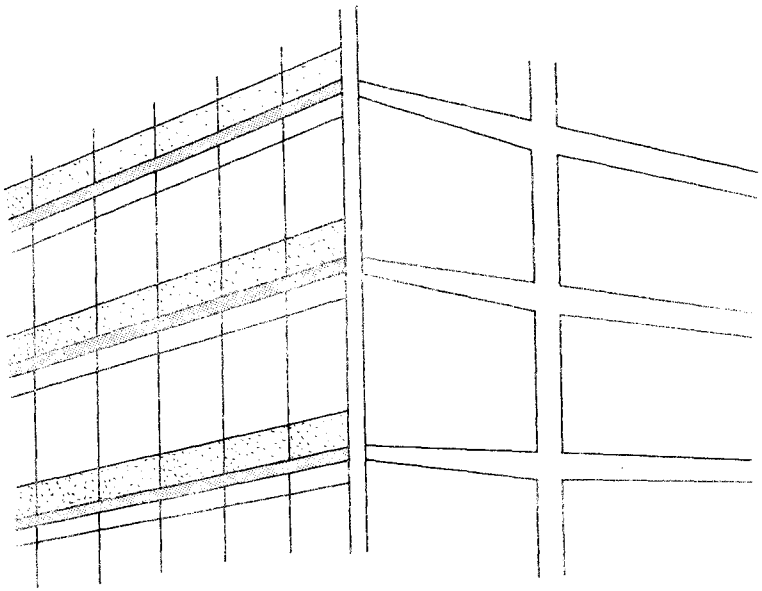
Dengan penonjolan keluar kita dapat lagi mengikuti garis M_o (pembaharuan).



Gambar 19–10



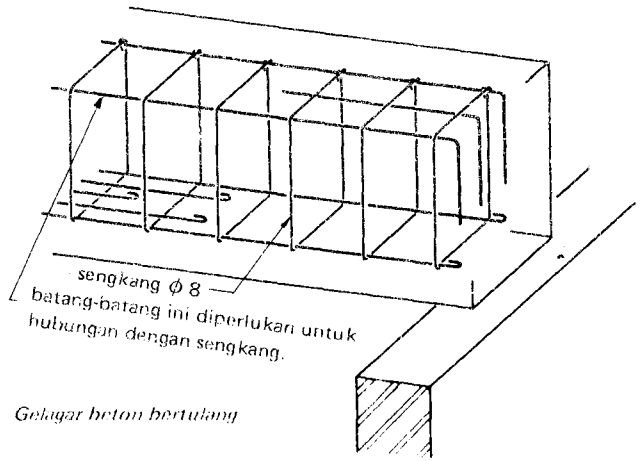
Gambar 19–11



Gambar 19–12

CONTOH 9

Pelaksanaan dari ketentuan III (gambar 19–13).
Jikalau momen meningkat, penampang dari penulangan juga meningkat.

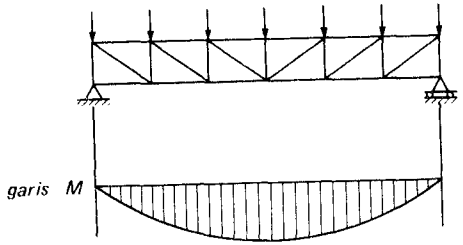


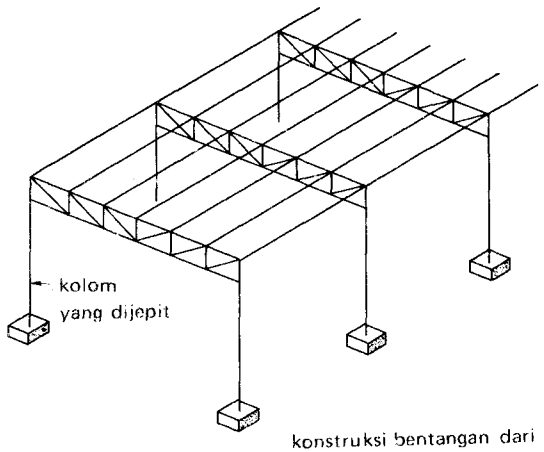
Gambar 19–13

Dari luar tidak terlihat, bahwa gelagar mengikuti garis *M*, yang sesungguhnya terjadi demikian.

CONTOH 10

Pelaksanaan dari Ketentuan I (gambar 19–14).



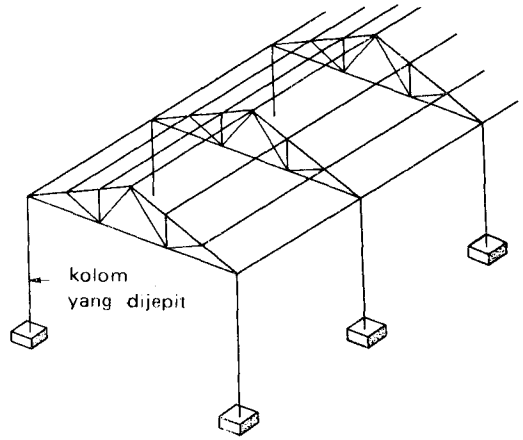


konstruksi bentangan dari sebuah bangsal

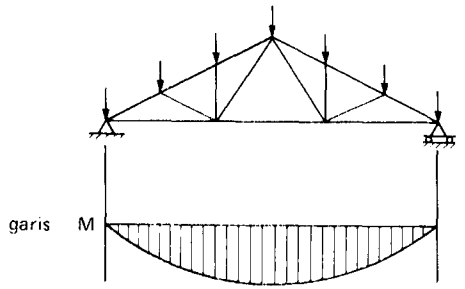
Gambar 19–14

CONTOH 11

Pelaksanaan dari Ketentuan I dan III (gambar 19–15).



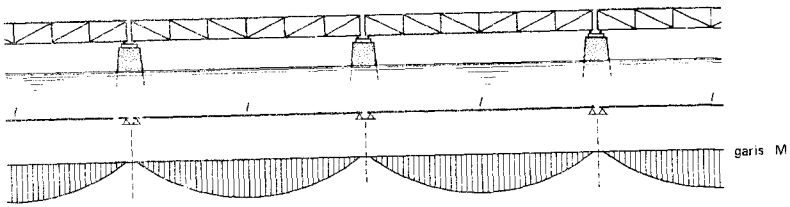
konstruksi bentangan dari sebuah bangsal



Gambar 19–15

CONTOH 12

Pelaksanaan dari Ketentuan I (gambar 19–16).

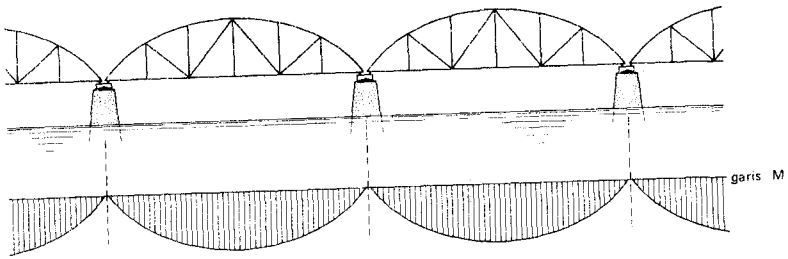


Konstruksi jembatan

Gambar 19–16

CONTOH 13

Pelaksanaan dari Ketentuan I dan III (gambar 19–17).

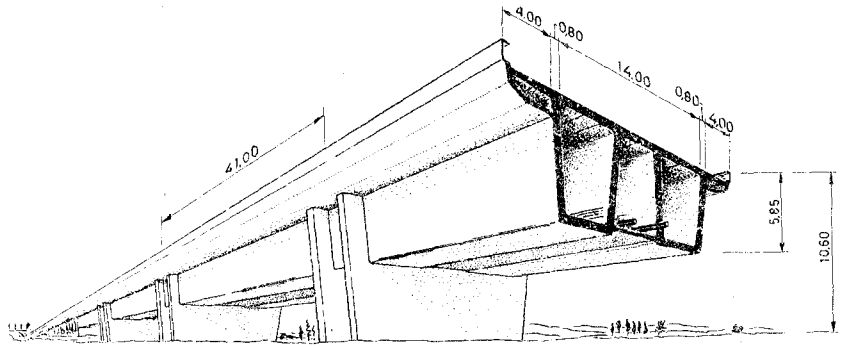


Konstruksi jembatan

Gambar 19–17

CONTOH 14

Pelaksanaan dari Ketentuan I (gambar 19–18).



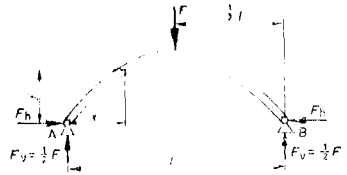
gelagar tabung ukuran dalam m

Gambar 19–18

CONTOH 15

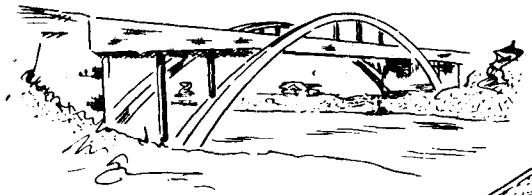
Konstruksi lengkung.

Momen-lengkung pada konstruksi lengkung pada sembarang tempat dalam penampang, dikurangi dengan jumlah $F_h . y$ (gambar 19–19 19–20 dan 19–21). Keadaan ini adalah pelaksanaan dari ketentuan II dan III.



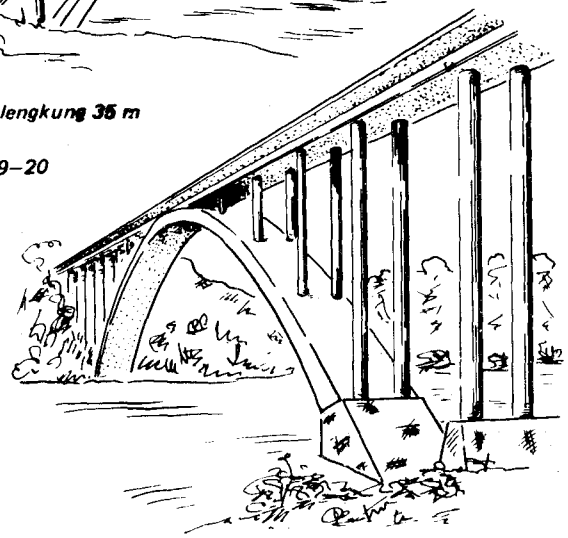
$M_x = F_v \cdot x - F_h \cdot y$

Gambar 19–19



Bentangan lengkung 35 m

Gambar 19–20



Bentangan lengkung 312 m

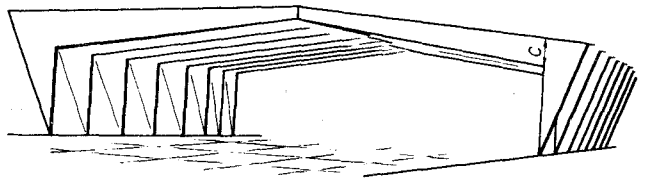
Gambar 19–21

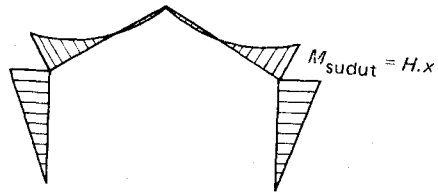
CONTOH 16

Rusuk tiga engsel.

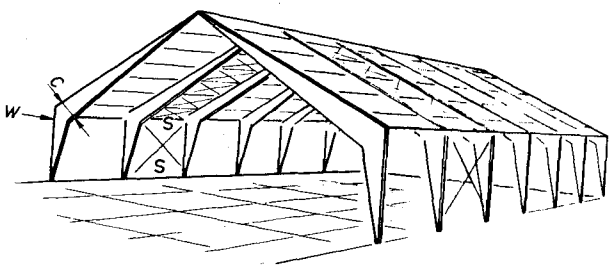
Pemberian bentuk pada konstruksi portal, berasal dari jalannya garis ***M*** (gambar 19–22). Ukuran c adalah paling besar pada tempat di mana momen itu paling besar : Ketentuan III.

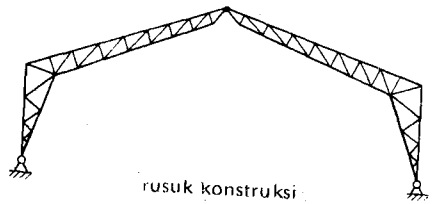
Selain daripada itu untuk rusuk konstruksi: Ketentuan I. Pada sebuah rusuk konstruksi terdapat kemungkinan untuk penggunaan bahan secara ekonomis; konstruksi semacam ini mahal juga oleh karena pekerjaan yang intensif.





garis M

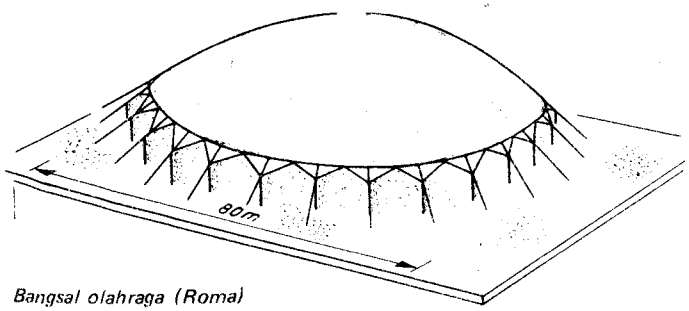




Gambar 19–22

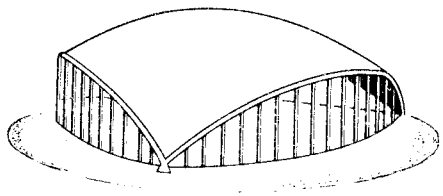
CONTOH 17

Konstruksi cembung mendukung beban yang terbagi merata melalui tegangan tekan dan tegangan geser (gambar 19–23 dan 19–24). Tegangan lengkung relatif adalah kecil. Konstruksi ini adalah pelaksanaan dari Ketentuan II.



Bangsal olahraga (Roma)

Gambar 19–23

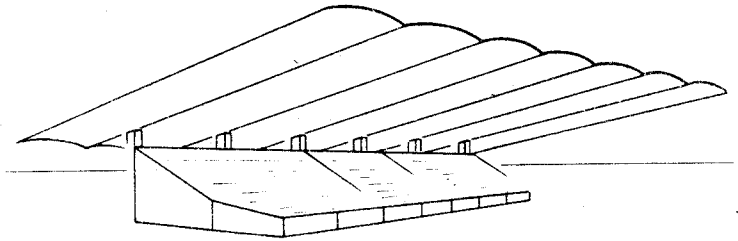


Oditorium (Massachusetts)

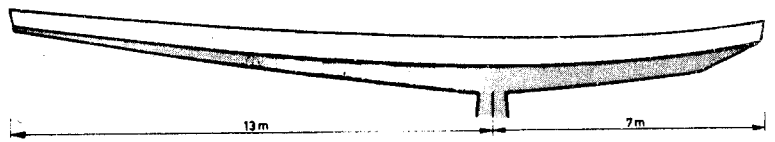
Gambar 19–24

CONTOH 18

Akhirnya masih sebuah perlingkupan stadion sebagai pelaksanaan dari Ketentuan II (gambar 19–25).



Perlingkupan stadion di La Zarzuela (Spanyol) : Beton bertulang; tebal cembung hiper pada ujung-ujungnya 6 cm, tebal pada perletakan 14 cm; penulangan ϕ 12–10.



Gambar 19–25

20 SOAL–ULANGAN

Lihatlah penjelasan pada tugas ulangan dalam II–8.

Proyek 1

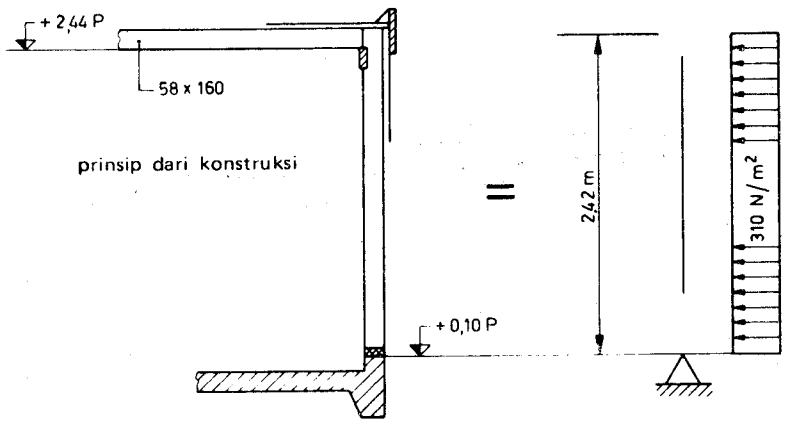
Kembangkanlah gambar-bestek !

S o a l 1

Bangsal penyimpan dan bangsal sepeda, terdiri dari tiang dan jalur kelam (= regelwerk) dengan pemapanan (gambar 20–1).

1 Yang bagaimana, kaku atau kendurkah sambungan dari dinding kayu dengan lapisan balok picak ?
Apakah sudut-sudutnya kaku atau berengsel ?

2 Pada dinding hadapan belakang menurut ayat 2.3.1.b dari T.G.B. 1970 harus diperhitungkan tekanan angin sebesar 310 N/m^2. Jarak antara tiang 1 m dari sumbu ke sumbu.
Hitunglah momen lengkung dalam tiang, pada ukuran panjang tiang secara teoretis sebesar 2,44 m – 0,10 m + 0,08 m = 2,42 m.
Lukiskanlah garis momen dan garis gaya lintang dan catatlah pula nilai-nilainya !



Gambar 20–1

S o a l 2

Menurut tugas ulangan II – 12.2.1 balok picak mendukung beban q = 1,4 kN/m (gambar 20 – 2).

1 Apakah sambungan dari balok dengan dinding kaku atau kendur ?

2 Lukiskanlah garis momen dan garis gaya lintang dan hitunglah nilai-nilainya.

3 Menurut pasal 2.2.2.f dari T.G.B. 1970, pada tempat yang paling kurang sempurna atap harus tahan juga terhadap beban lurus (= lijnlast) sebesar 2 kN.
Untuk balok picak, ini berarti suatu beban dari 1,2 kN ditengah. Periksalah nilai 1,2 kN.
Lukiskanlah dan hitunglah pula di sini garis momen dan garis gaya lintang.

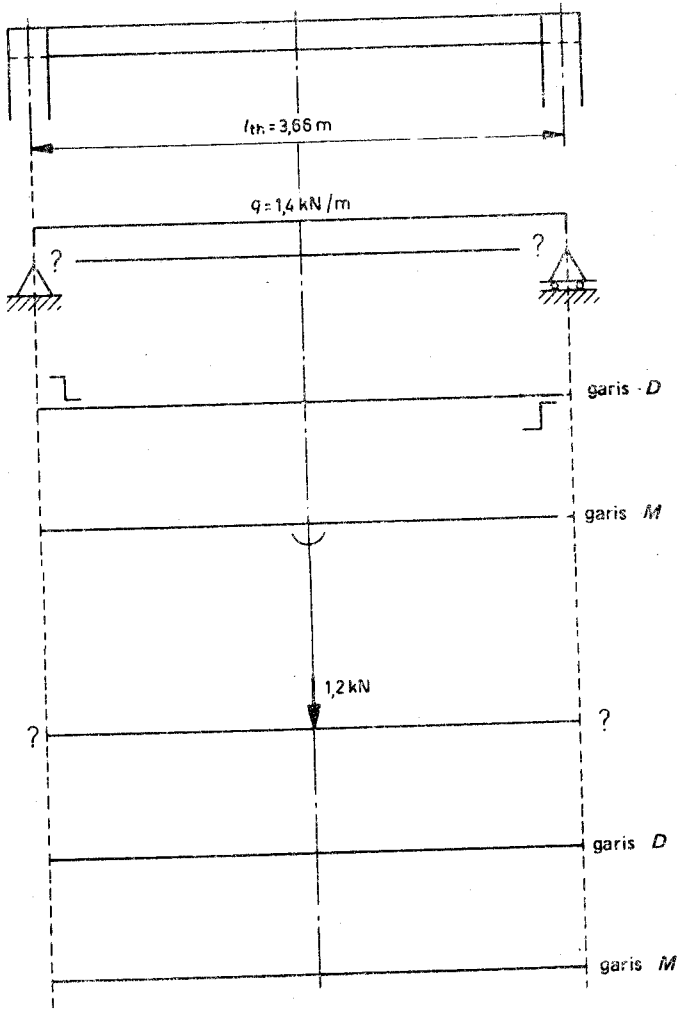
4 Hitunglah jumlah momen maksimum untuk bobot diri dari konstruksi atap (g = 0,6 m. 1,35 N/m^2 = 0,81 kN/m) dan beban lurus (= lijn last).

Jawaban (gambar 20–3): $M_g = 1/8.g.l^2 = \ldots = \ldots$ kN.m

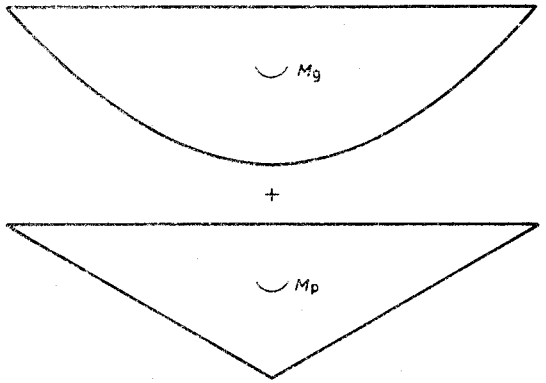
$M_g + M_p$ (lihatlah pada 3) = . . . kN.m.

5 Momen manakah yang menentukan untuk perhitungan dari lapisan balok, yaitu yang dihitung pada no. 2 atau yang dihitung pada no. 4 ?

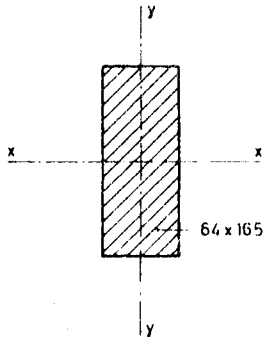
6 Menurut bestek, balok picak harus memiliki ukuran tetap dari 64.165 mm^2 (gambar 20–4). Hitunglah momen hambatan dan momen kelambanan dari penampang ini sekitar sumbu x, yaitu masing-masing W_x dan I_x.



Gambar 20–2



Gambar 20–3



Gambar 20–4

7 Apakah balok itu cukup kuat ?

Jawaban:

$$\sigma_b = \frac{M_{maks}}{W_x} \quad \ldots = \ldots \text{ N/mm}^2$$

Sekarang harus $\sigma_b \leq \sigma_b$

Periksalah ini untuk:

1. Kayu cemara Eropa, sortiran kekuatan "kayu bangunan standar".
2. Kayu cemara Eropa, sortiran kekuatan "kayu konstruksi".
   (Lihatlah tabel 2.4 A.T.G.B. "Konstruksi-kayu" dan II.2).

8 Berapakah kira-kira besarnya pelengkungan maksimum (gambar 20–5) untuk:

a. kayu bangunan standar;
b. kayu konstruksi ?

Gambar 20–5

Jawaban:

$$\text{a } f_{\text{maks}} = \frac{0{,}1\ M_{\text{maks}} \cdot l^2}{E_{//} \cdot I_x} = \ldots = 13{,}6 \text{ mm}$$

Perhatikanlah dimensinya !

$$\text{b } f_{\text{maks}} = \frac{E_{//} \text{ kayu bangunan standar.}}{E_{//} \text{ kayu konstruksi}} 13{,}6 \text{ mm} = \ldots \text{ mm}$$

9 Periksalah untuk kedua pelengkungan yang dihitung pada no. 8, apakah lapisan baloknya cukup *kaku* !

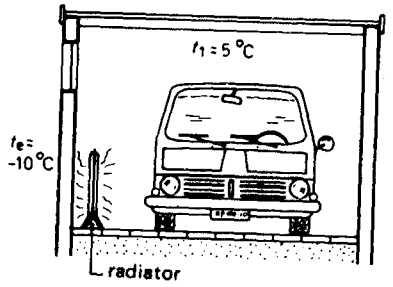
Pelengkungan maksimum menurut T.G.B. III pasal 3.2 adalah $0{,}003\ l$.

Soal 3

Pada udara beku, pemilik suatu garasi menempatkan sebuah radiator pelat listrik dalam garasi (gambar 20–6).

Dengan radiator ini ternyata bahwa suhu dalam garasi adalah kira-kira + 5°C, bila suhu luar kurang lebih sama dengan – 10°C. Harga tenaga listrik yang digunakan ialah Nf 0,10 tiap kWh.

Kurang lebih 1 m^2 dari dinding samping sebelah kiri garasi (lihatlah gambar bestek) terdiri dari kaca dengan ukuran tebal kira-kira sebesar 4 mm.



Gambar 20–6

1 Berapakah besarnya hambatan terhadap pengerahan kalor dari bahan kaca ?

Jawaban:

Praktis dapat diabaikan.

Untuk garasi ini:

$$r_{\text{kaca}} = \frac{d_{\text{kaca}}}{\lambda_{\text{kaca}}} = \frac{\ldots}{\ldots} = 0{,}005 \frac{\text{m}^2 \cdot {}^\circ\text{C}}{W}$$

2 Akan tetapi pada peralihan udara ke bahan, hambatan peralihan itu tidak dapat diabaikan (gambar 20–7):

$$r_e = 0{,}04 \frac{m^2 \cdot °C}{W}$$

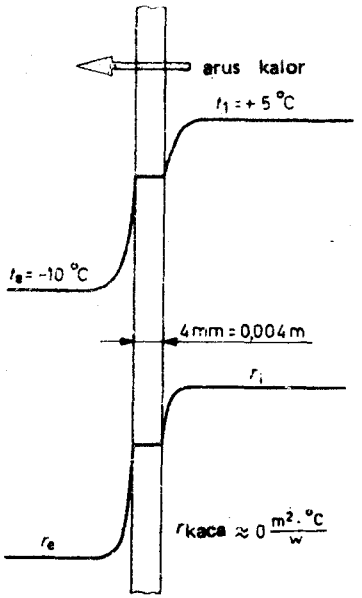
dan

$$r_i = 0{,}13 \frac{m^2 \cdot °C}{W}$$

Berapakah besarnya sekarang jumlah hambatan kalor R dari konstruksi kaca ?

Jawaban:

$$R_1 = r_e + r_{kaca} + r_i = \ldots \frac{m^2 \cdot °C}{W}$$



Gambar 20–7

3 Berapakah besarnya kerapatan arus kalor melalui konstruksi kaca, bila:

$$t_i = 5\,°C \text{ dan } t_e = -10\,°C?$$

Jawaban:

$$q = \frac{\Delta_t}{R_1} = \frac{t_i - t_e}{R_1} = \frac{\ldots}{\ldots} = \ldots \frac{W}{m^2}$$

4. Apa bunga es dapat melekat kepada kaca ?

Jawaban:

Suhu dari kaca adalah:

$$t_e + \frac{r_e}{R_1} \cdot \Delta t = \ldots + \ldots = \ldots\,°C$$

atau:

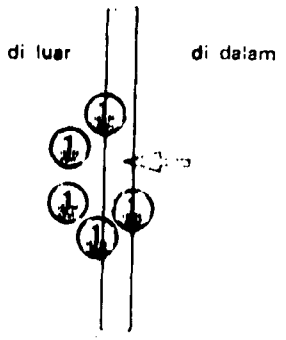
$$t_i - \frac{r_i}{R_1} \cdot \Delta t = \ldots \quad \ldots = \ldots\,°C$$

5 Umpamakanlah, bahwa suhu selama malam hari (selama 8 jam) adalah tetap (= konstan).

Berapa sen yang melalui kaca semalam ini ?

Jawaban: Pada tiap satuan waktu (gambar 20–8):

$$k = \frac{1}{R_1} = \ldots \frac{W}{m^2 \cdot °C}$$



Gambar 20–8

Setelah 8 jam, melalui 1 m^2 kaca dengan perbedaan suhu sebesar 15°C:

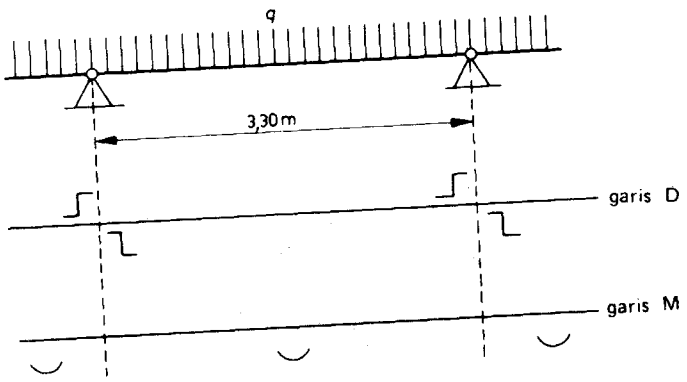
Tenaga listrik $= 8\ h \cdot 1\ m^2 \cdot 15\ °C \cdot k$
$= 700\ W \cdot h$
$= 0{,}7\ kWh$

Harga ini adalah . . . sen.
Melalui atap dan dinding tentu saja lebih banyak kalor yang hilang daripada melalui permukaan kaca yang agak kecil tersebut.

Proyek 2

Soal 1

1 Pada jilid II–8 soal 2.1.6 telah dihitung, bahwa beban q pada gorden sama dengan . . . kN/m. Jarak antara rusuk bangsal sama dengan 3,30 m dari sumbu ke sumbu.
Jikalau diumpamakan bahwa gorden diletakkan berengsel pada rusuk (gambar 20–9), lukiskan dan hitunglah garis momen dan garis gaya lintang.



Gambar 20–9

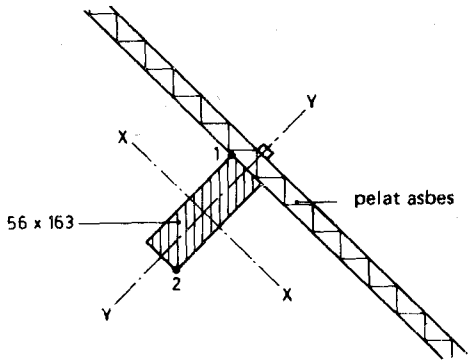
2 Gorden terletak miring, jadi dibengkokkan ke dua arah (gambar 20–10)

Hitunglah momen lengkung:

M_x sekitar sumbu X – X,

dan

M_y sekitar sumbu Y – Y



Gambar 20–10

Jawaban:

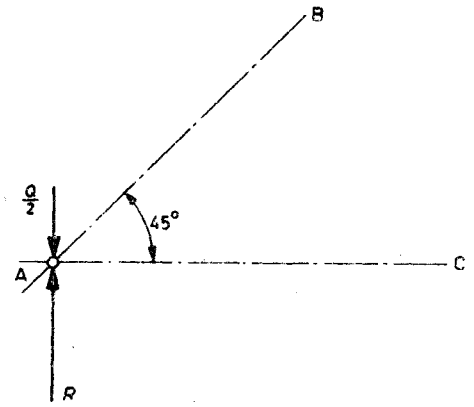
$M_x = M \cdot \cos \alpha = M \cdot \frac{1}{2}\sqrt{2} = \ldots$

$M_y = M \cdot \sin \alpha = \ldots$

Hitunglah tegangan maksimum yang terjadi dalam titik 1 dan 2.

3 Pada II–8 soal 2.1.6 dan 7, gaya F_R dan $\frac{1}{2}Q$ telah ditentukan (gambar 20–11). Umpamakanlah, bahwa gaya normal dalam batang AB dan AC hanya ditentukan oleh F_R dan $\frac{1}{2}Q$ dalam titik perletakan A.

Dengan demikian berapakah besarnya gaya batang dalam AB dan AC. Apakah ini gaya tarik atau gaya tekan ?



Gambar 20–11

4 Jadi besarnya gaya F dalam batang AB adalah . . . kN, untuk perhitungan dari sambungan gigi antara batang AB dan AC (kaki kap dan pelat tarik; gambar 20–12), menurut T.G.B. harus didasarkan kepada ukuran panjang l yang diproyeksikan dari bidang-bidang kontak. Ukuran panjang l yang diproyeksikan itu di sini 163 mm.

$\sqrt{2}$ = . . . mm.

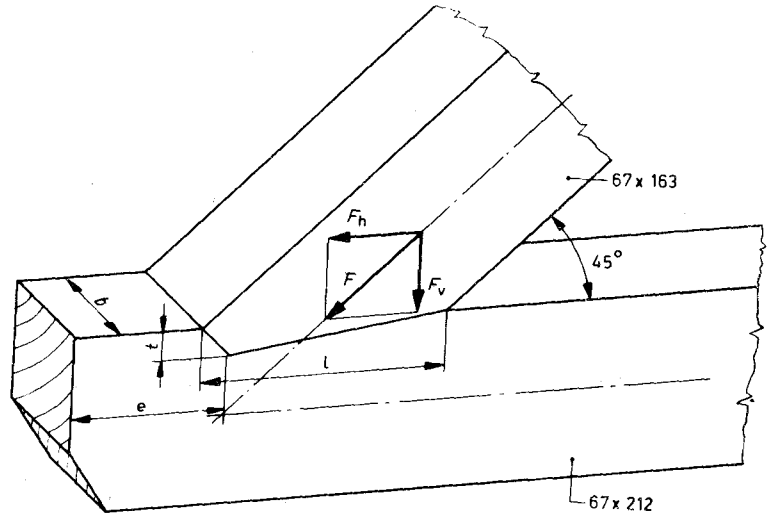
Luas $b.l.$ = 67 mm . . . = . . . mm^2.

Gaya yang bekerja pada bidang ini sama dengan :

$$F_v = \frac{F}{\sqrt{2}} = \ldots \text{N}.$$

Tentukanlah F_h dan F_v, juga dengan sebuah lukisan gaya.

Tentukanlah kemudian tegangan σ_d pada permukaan $b.l.$



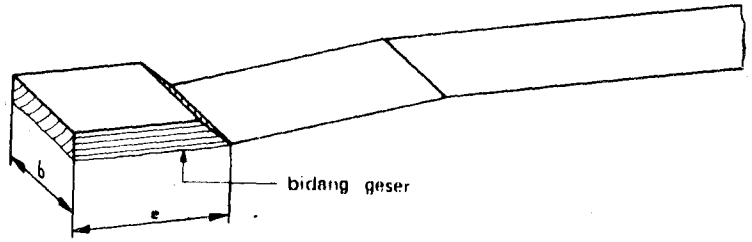
Gambar 20–12

5 Gaya F_h harus disangga oleh $b.t$, dimana t = ukuran dalamnya gigi, di sini 40 mm.

Berapakah besarnya tegangan pada bidang gigi ?

6 Gaya F_h dipindahkan oleh bidang gigi kepada bidang $b.e$, yang dapat bergeser (gambar 20–13).

Berapakah besarnya tegangan geser τ dalam bidang ini jikalau e mempunyai ukuran panjang sebesar 150 mm ?

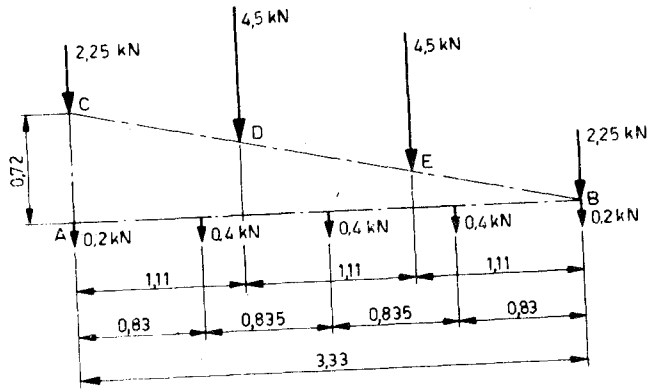


Gambar 20–13

7 Menurut T.G.B., tegangan yang dihitung pada no. 6 harus $\leqq 0{,}8\ \bar{\tau}$. Apakah di sini keadaan itu juga demikian, bila anda mengetahui bahwa rusuk ini terbuat dari kayu api dalam kelas kekuatan "kayu bangunan standar" ?

Soal 2

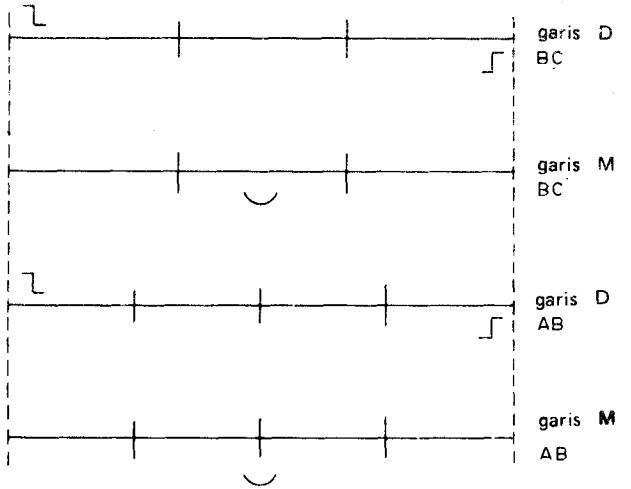
1 Dalam konstruksi kap dari atap meja guru (= lessenaarsdak) dari tempat istirahat siang, terdapat sebuah rusuk kecil.
Beban dari rusuk kecil ini beserta ukurannya, dapat ditentukan menurut cara sebagaimana yang telah dilakukan untuk soal 2.1. Tiap gorden memindahkan 4,5 kN kepada pinggiran sebelah atas dari rusuk kecil (gambar 20–14).



Gambar 20–14

Tiap gorden pinggiran masing-masing memindahkan 2,25 kN. Gantungan plafon, masing-masing memindahkan suatu beban sebesar 0,4 kN kepada pinggiran sebelah bawah dari rusuk kecil; pada bagian sisi beban itu sama dengan 0,2 kN.

Batang-batang itu adalah A, B dan C, yang dihubungkan satu sama lain pakai *baut*.
Lukiskanlah dan hitunglah garis momen dan garis gaya lintang untuk batang BC dan AB (untuk BC dapat dilukiskan suatu garis momen yang diproyeksikan, lihatlah gambar 20–15).



Gambar 20–15

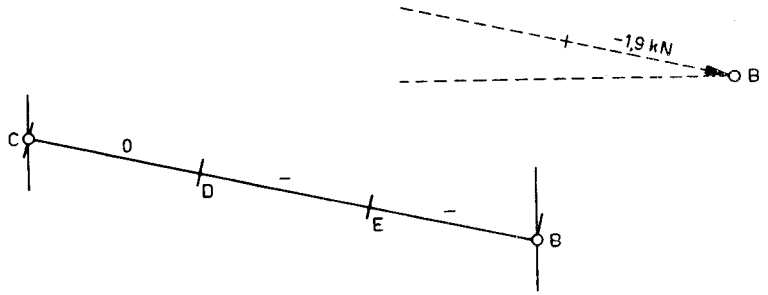
2 Uraikanlah gaya dari 4,5 kN yang berdiri pada pinggiran sebelah atas, dalam arah yang sejajar dengan BC dan arah yang tegaklurus terhadap BC.

3 Umpamakanlah, bahwa batang AC dipasang dengan beberapa buah jangkar kepada dinding tegak.
Gaya dari 2,25 kN yang berada dalam titik C, diambil langsung oleh batang AC. Umpamakanlah selanjutnya, bahwa gaya normal dalam bagian batang CD sama dengan *nol*.

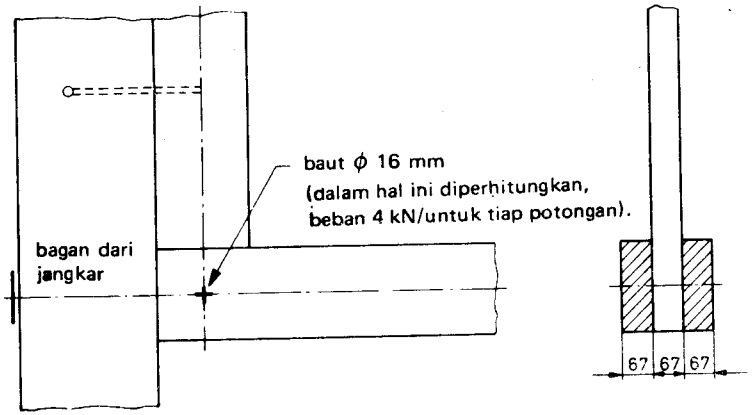
Lukiskanlah dan hitunglah dengan bantuan gaya urai yang dihitung dalam no. 2, garis gaya normal untuk batang BC.

4 Tepat sebelah kiri B, gaya normal yang dihitung pada no. 3 sama dengan – 1,9 kN (gambar 20–16).
Berapakah besarnya sekarang gaya-normal dalam AB ?
Jawaban supaya dihitung dengan bantuan sebuah lukisan gaya !

5 Apakah sebabnya batang AB harus dijangkarkan ke dinding pada titik A (gambar 20–17) ?



Gambar 20–16



Detail dari titik A

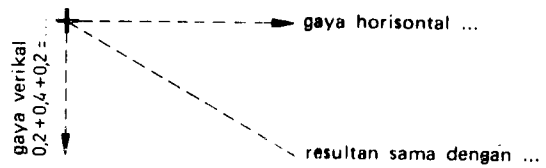
Gambar 20–17

6 Batang AB dibuat berganda. Kedua buah balok dari kayu digantungkan pada titik A oleh sebuah baut dari 16 mm kepada batang AC, yang dijangkarkan ke dinding.
Hitunglah gaya yang harus dipindahkan oleh baut.
Jawaban: lihatlah gambar 20–18 dan gambar 20–14.

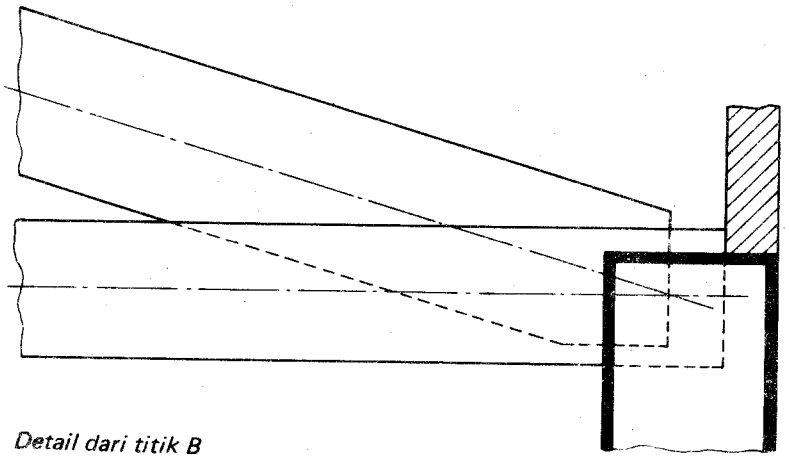
7 Apakah baut dapat menerima gaya yang dihitung pada 6 ? (Beban dasar ditunjukkan pada gambar 20–17).

8 Juga pada titik B (gambar 20–19), batang BC dipasang "dingin" antara batang AB berganda dengan menggunakan baut. Gaya dalam pinggiran sebelah atas dipindahkan oleh baut-baut itu kepinggiran sebelah bawah. Pinggiran sebelah bawah terletak langsung di atas dinding.

Hitunglah jumlah baut ϕ 16 mm yang dibutuhkan dan cantumkanlah dalam sebuah sketsa tempat dari baut-baut tersebut. (Beban yang diizinkan dalam baut adalah 4 kN tiap potongan //).



Gambar 20–18



Detail dari titik B

Gambar 20–19

S o a l 3

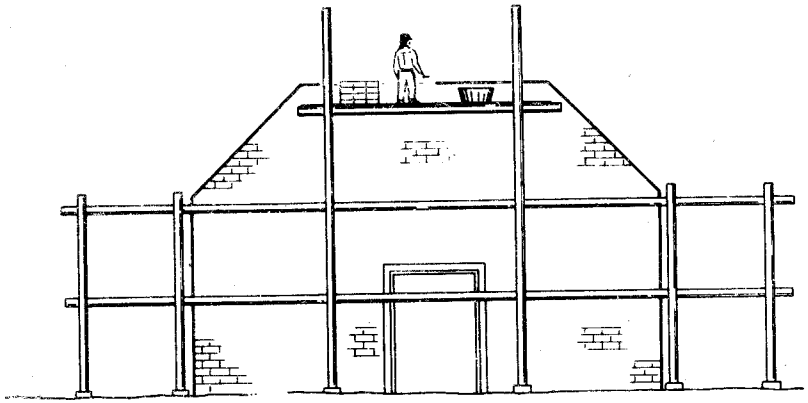
Seseorang yang telah bekerja dalam pembangunan selama 2 minggu, harus menyediakan untuk anda sebuah perancah (= kuda-kuda), untuk menembok corot dari dinding hadapan muka pada ketinggian yang tepat (pipa baja dan kopeling).

Tunjukkanlah dalam sebuah sketsa, pada tempat yang mana menurut pandangan anda, perancah dari gambar 20–20 itu memperlihatkan kekurangan.

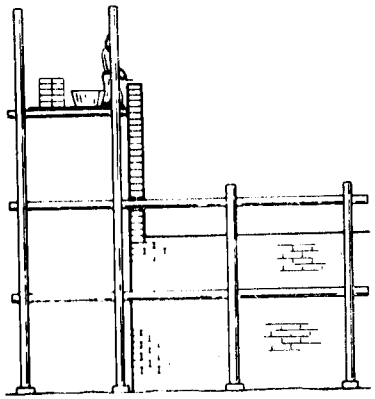
Tentu saja menurut "perasaan", anda telah banyak melakukan perbaikan. Seseorang yang telah berpengalaman dapat membuat sebuah perancah yang baik tanpa perhitungan. Sungguhpun demikian ada baiknya juga untuk berpikir sebentar tentang "bagaimana dan mengapa ?"

Di atas perancah terletak sebuah tas berisi batu sedemikian rupa, sehingga seluruh bobot dari tas itu (3 kN), duduk di atas satu papan perancah (35.240 mm^2) (gambar 20–21).

Papan ditupang oleh dua buah pipa perancah (= korteling) yaitu dalam jarak 1 m dari sumbu ke sumbu.

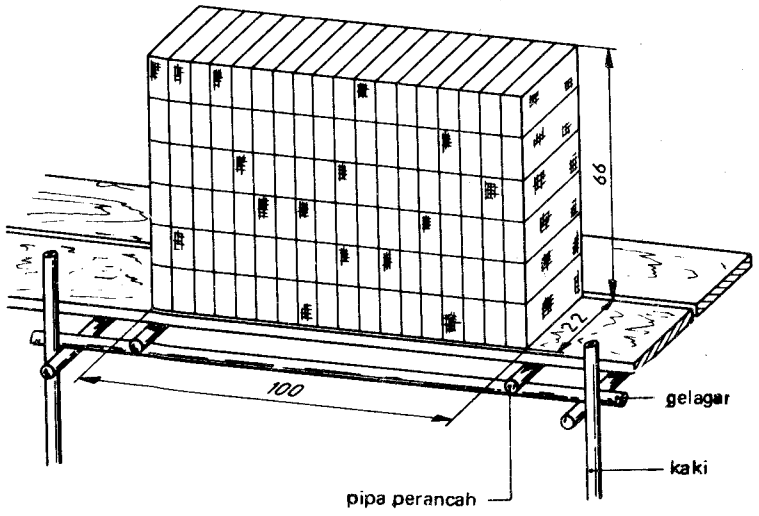


dinding hadapan muka.

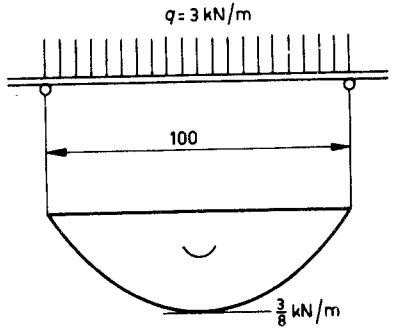


dinding hadapan samping

Gambar 20–20



Gambar 20–21



Gambar 20–22

Jadi beban di atas papan adalah 3 kN/m. Dengan demikian momen lengkung sama dengan (gambar 20–20):

$$M = \tfrac{1}{8} \cdot 3\ \text{kN/m} \cdot (1\ \text{m})^2 = \tfrac{3}{8}\text{kN} \cdot \text{m}$$

Hitunglah tegangan yang terjadi dalam papan.

$$W = \ldots\ \text{mm}^3, \sigma = \ldots.$$

Jadi apakah pipa perancah itu terletak terlampau jauh satu sama lain ? (Ketentuan adalah: 600 . . . 900 mm).

Momen-hambatan dari sebuah pipa dapat didekati dengan rumus:

$$W = \frac{D^4 - d^4}{10D}$$

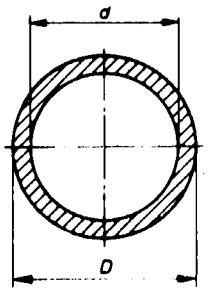
Untuk suatu pipa perancah berlaku:

D = 48,25 mm dan d = 41,25 mm (gambar 20–23), jadi:

$$W = \frac{4{,}825^4 \cdot 10^4 - 4{,}125^4 \cdot 10^4}{10 \cdot 48{,}25}\ \text{mm}^3$$

$$= 10^3\left(\frac{542 - 289}{48{,}25}\right)\ \text{mm}^3$$

$$= 5{,}24 \cdot 10^3\ \text{mm}^3$$



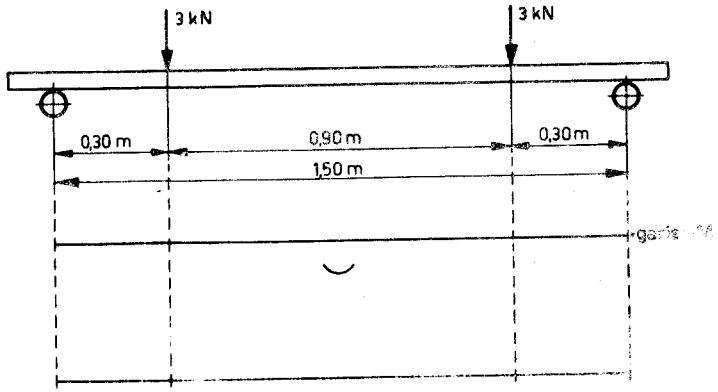
Gambar 20–23

Umpamakanlah sebuah pipa perancah (= korteling), yang dibebani oleh dua gaya dari masing-masing 3 kN (gambar 20–24).
Dengan demikian momen maksimum adalah ... = 0,9 kN.m = 9.10^5 N.mm

- Lukiskanlah garis momen
- Hitunglah tegangan yang bekerja
- Lukiskanlah garis gaya lintang
- Jikalau $E = 2{,}1.\ 10^5\ \text{N/mm}^2$, hitunglah pelengkungan dari pipa perancah, dengan rumus:

$$f_{\text{maks}} = \frac{0{,}1\ M_{\text{maks}} \cdot l^2}{E \cdot \frac{1}{2} h \cdot W} = \ldots$$
$$= \ldots = 8\ \text{mm}$$

Periksalah, bahwa tegangan yang bekerja dan pelengkungan yang terjadi untuk pipa perancah (korteling) ini tidak dapat diizinkan. (Bila pipa setelah dilepaskan dari beban tetap tinggal melengkung, maka pipa itu tidak dapat lagi dipergunakan).



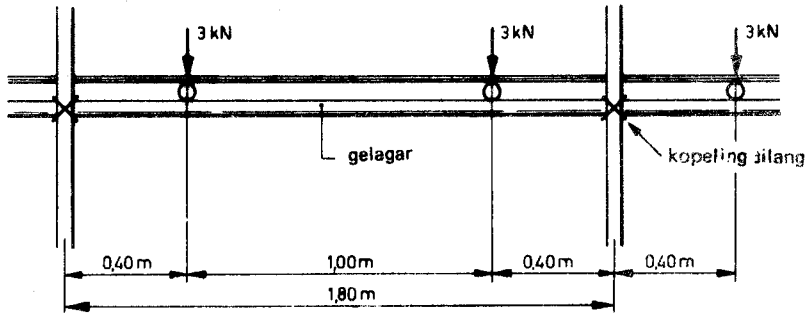
Gambar 20–24

Pada sebuah gelagar panjang, oleh pipa perancah dipindahkan gaya sebesar 3 kN (gambar 20–25).
Hitunglah gaya pada kopeling silang.

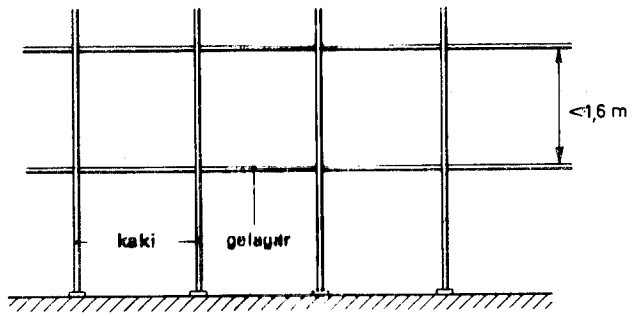
Umpamakanlah, bahwa kopeling silang itu merupakan engsel. Lukiskan dan hitunglah garis momen, garis gaya lintang, tegangan yang bekerja dan pelengkungan.

Menurut ketentuan, kaki harus dihubungkan secara horisontal oleh gelagar pada jarak yang kurang dari 1,60 m (gambar 20–26).

Umpamakanlah, bahwa untuk kaki berlaku $i = 16$ mm dan $l_k = 1{,}60$ m, lalu hitunglah beban maksimum yang diizinkan pada kaki (lihatlah II).



Gambar 20–25

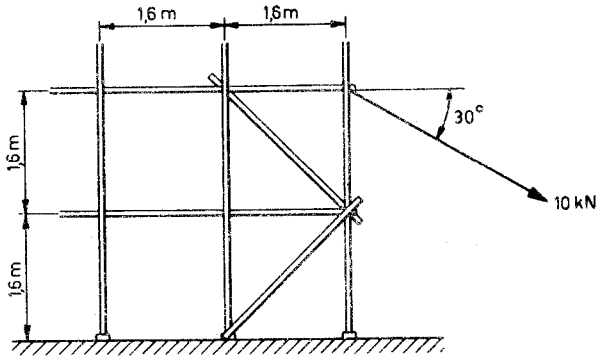


Gambar 20–26

Jikalau sebuah gelagar dilupakan, maka l_k untuk kaki menjadi l_k = 3,20 m. Sekarang hitunglah kembali beban maksimum yang diizinkan.

Pada sepotong perancah diikatkan kawat ikat, yang ditarik dengan gaya sebesar 10 kN (gambar 20–27).

Hitunglah berapa besarnya gaya dalam batang penupang, khusus sebagai akibat dari kawat ikat itu.



Gambar 20–27

Sebuah perancah *tidak* dijangkarkan kepada dinding hadapan dari bangunan dan berdiri miring karena pengeraman (gambar 20–28).

Oleh karena itu sebuah beban sebesar 10 kN, berdiri 50 cm eksentris terhadap titik kaki A.
Hitunglah sebuah momen sekitar titik A.

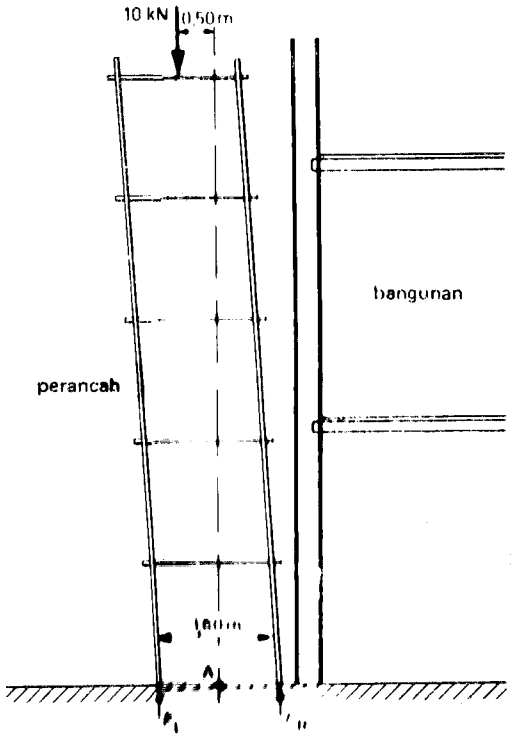
Pada sebuah perancah vertikal, gaya F_L dan F_R dalam kaki akan sama besar.

Oleh momen terjadi $F_L > F_R$.

Hitunglah F_L dan F_R

Oleh karena $F_L > F_R$, perancah akan mengeram lebih miring, F_L menjadi lebih besar dan sebagainya; perancah akan jatuh.

Lukiskanlah sekarang sekali lagi sebuah perancah, untuk membuat dinding hadapan dari proyek 2. Pakailah sebagai landasan sketsa pada halaman 222 dan perbaikilah sketsa ini sedemikian rupa, sehingga perancah menjadi cukup kuat, kaku dan stabil.



Gambar 20–28

S o a l 4

Di dalam tempat istirahat siang hari dari proyek 2 (gambar 20–29), berdiri sebuah alat pendiang gas yang mampu untuk mempertahankan suhu dalam kamar sebesar + 20°C, pada suhu luar sebesar – 10°C. Luas dari bidang dinding satu batu, di mana alat pendiang gas itu berdiri, adalah 7,5 m^2.

Dinding luar itu ditembok dari kelabu keras (= hardgrauw), di mana berlaku:

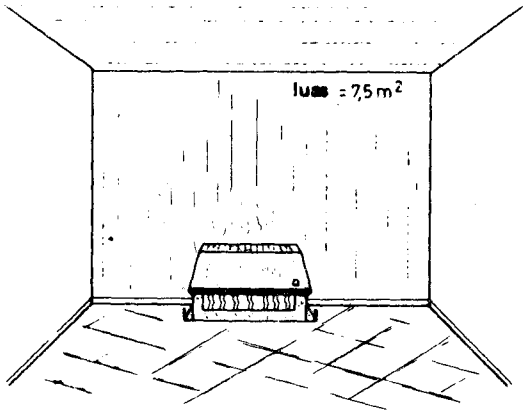
Kofisen pengantar kalor

$$\lambda = 1{,}0 \frac{W}{m \cdot {}^{\circ}C}$$

1 Hitunglah nilai k dari konstruksi dinding ini.

2 Periksalah jalannya suhu yang diperlihatkan pada gambar 20–30).

3 Jikalau harga gas bumi kira-kira *f* 0,15 tiap m^3, maka bila dihitung dalam tenaga (= energi) menjadi kira-kira *f*. 0,02 tiap kWh.



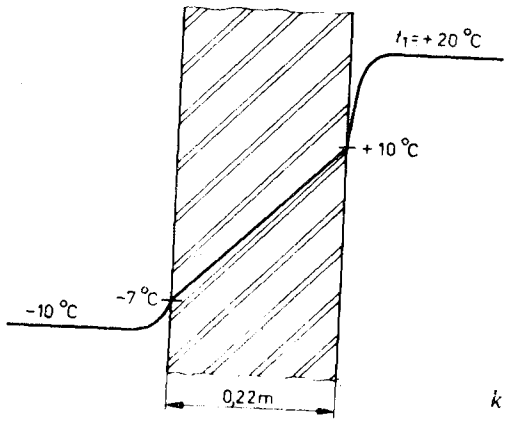
Gambar 20–29

PERPUSTAKAAN WILAYAH DEP. PDANK
Jl. Walikota Mustajab. 68
SURABAYA

Pada suatu hari suhu tinggal tetap (= konstan) selama 10 jam. Berapa sen yang hilang oleh dinding ?

Sekarang pada dinding diturapkan suatu lapisan isolasi dari batu beton busa (gambar 20–31).
Kofisen pengantar kalornya ialah:

$$\lambda = 0{,}2 \frac{W}{m \cdot C}$$

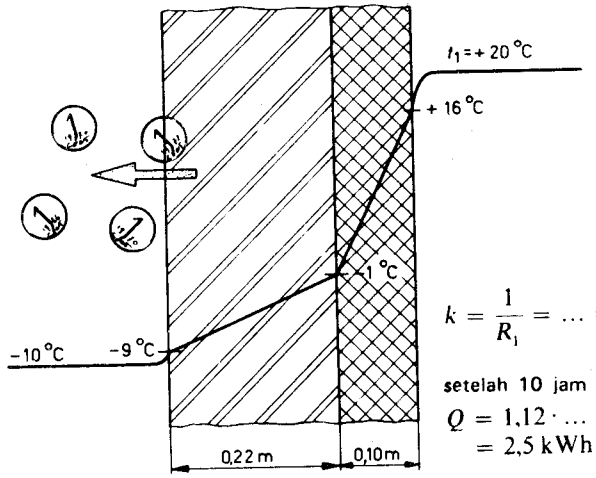


$$k = \frac{1}{R_1} = \ldots \frac{W}{m^2 \cdot C}$$

Gambar 20–30

PERPUSTAKAAN WILAYAH DEP. PDANK
Jl. Walikota Mustajab. 68
SURABAYA

berapa sen sekarang yang hilang oleh dinding ? (data yang sama seper
pada 1,2 dan 3).
Biaya pengopakan sesungguhnya adalah lebih besar. Bagaimanakah car
nya kalor hilang lagi dari kamar yang bersangkutan pada istirahat siang



$$k = \frac{1}{R_1} = \ldots = 1{,}12\,\frac{W}{m^2 \cdot C}$$

setelah 10 jam

$$Q = 1{,}12 \cdot \ldots$$
$$= 2{,}5\ kWh \cdot f\,0{,}02 = f\,0{,}0$$

Gambar 20–31

Proyek Pengembangan Perpustakaan
Jawa Timur
T. A. 1983 / 1984

627 [illegible]/P/PW/[illegible]
Ner Nertier, I. W.
1 Ilmu konstrukai untuk
Ahli bangunan dan ahli
bangunan air. Jilid 2